ING. S. BERTOLIO

Professore di Metallurgia e Miniere nel R. Istituto Tecnico Superiore di Milano

CAVE e MINIERE

I. Geologia Mineraria — II. Lavori di Cava e Miniera
III. Coltivazioni — IV. Servizî Meccanici ed accessori
V. Concentrazione dei Minerali — VI. Legislazione

CON 204 INCISIONI

ULRICO HOEPLI
EDITORE LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO
—
1908

PROPRIETÀ LETTERARIA

Milano — Tipografia Umberto Allegretti, Via Orti, 2.

142166
MAY 2 0 1910
ML
·B46

PREFAZIONE

I numerosi ed ottimi Corsi di Miniere pubblicati all'estero, per quanto completi, si informano tutti, nella trattazione degli argomenti, alle esigenze dell'ambiente industriale ed alle necessità della Scuola ove furono dettati.

E ciò è ben naturale e lodevole, se si considera che ogni libro deve servire primieramente il proprio paese.

Ne segue che ogni paese ha, si può dire, il suo *trattato di Arte mineraria.*

La mancanza che lamentiamo di miniere di carbone, che tecnicamente sono sempre, fra tutte, le più notevoli, sfronda d'interesse pratico per noi molte questioni minerarie, importanti invece in altre contrade: per l'opposto, alcuni argomenti ritenuti di modesto conto altrove, per le particolari condizioni della nostra industria mineraria meritano presso noi maggior considerazione.

Nelle nostre Scuole d'applicazione, inoltre, manca quel complesso d'insegnamenti speciali che converge a formare l'Ingegnere specializzato nelle Miniere, e quindi un Corso di miniere deve, nel nostro paese, necessariamente essere per la natura degli argomenti trattati più complesso che altrove: viceversa, la maggior parte di ciò che costituisce, per es., la Meccanica mineraria, materia diffusamente svolta nelle Scuole speciali, rientra negli insegnamenti di Macchine e di Impianti, che con molta larghezza sono impartiti nelle nostre Scuole di ingegneria industriale, e superflua ne riuscirebbe quindi, nel Corso di Miniere, la particolareggiata trattazione.

Ciò darà ragione al lettore della scelta e dello svolgimento relativo degli argomenti di questo Corso, che a sua volta risponde ai bisogni di una nostra Scuola.

E poichè esso ora esce dall'ambiente proprio, ho creduto opportuno modificarlo in qualche punto, principalmente nel senso di renderlo alla portata di tutti, coll'adottare pochi calcoli e semplici, e solo quando mi parve indispensabile per chiara trattazione.

Il volume — che esce con notevole ritardo — è per la maggior sua parte redatto sopra stenografie, e riporta la terminologia parlata nelle nostre miniere, che, per quanto formata di barbarismi, è pur necessario conoscere, mancando a noi quella tradizione montanistica che sola avrebbe potuto darci una precisa nomenclatura mineraria.

S. B.

Milano, Gennaio 1907.

INDICE ANALITICO

PREFAZIONE . . . . . *Pag.* VII

PARTE PRIMA.

GEOLOGIA APPLICATA.

CAPITOLO I.

Cenni di geologia litologica ed applicata.

Roccie ignee . . . . . » 2
» stratificate . . . . . » 11
» schistoso-cristalline . . . . . » 14
Elementi di stratigrafia . . . . . » 15
Cenno di geognosia . . . . . » 21
Giacimenti metalliferi . . . . . » 39

CAPITOLO II.

Dei giacimenti minerari.

metalliferi: piombo . . . . . » 70
argento . . . . . » 77
zinco . . . . . » 78
rame . . . . . » 80
ferro . . . . . » 86
mercurio . . . . . » ivi
oro . . . . . » 88
antimonio . . . . . » 90
manganese e nichelio . . . . . » 91
stagno e alluminio . . . . . » 92
litoidi: marmi . . . . . » 93
calcari, gesso . . . . . » 94

arenarie, ardesie, barite, tripoli, pomici, terre bolari, coti, calcari litografici, quarzo, magnesite . . . . . *Pag.* 96
caolino, amianto, talco, feldspati . . . . . » 97
di minerali non metalliferi: solfo . . . . . » ivi
petrolio . . . . . » 99
asfalto e bitume, borace . . . . » 101
salgemma . . . . . » 102
grafite, acido borico, allumite e fosfati di calce . . . . . » 103
di combustibili fossili: antraciti, litantraci, ligniti, torbe . . . » 104
idrocarburi naturali . . . . . » 106

CAPITOLO III.

Ricerche minerarie.

Ricerche in regioni inesplorate . . . . . » 108
» » » minerariamente note . . . . . » 111
Ricerca della continuazione di giacimenti . . . . . » 120
Zone ricche dei giacimenti . . . . . » 130
Lavori di ricerca . . . . . » 137
Esempio di relazione di ricerche minerarie . . . . . » 144

PARTE SECONDA.

LAVORI DI CAVA E MINIERA.

CAPITOLO IV.

Perforazioni a grandi profondità.

Trivellazioni . . . . . » 160
Sondaggio canadese . . . . . » 165
Sondaggi rapidi . . . . . » 173
Sondaggi al diamante . . . . . » 177

CAPITOLO V.

Arnesi da minatore ed esplosivi.

Arnesi diversi da minatore . . . . . » 181
Esplosivi ordinari . . . . . » 187
Mine . . . . . » 195
Esplosivi di sicurezza . . . . . » 205
Polveriere . . . . . » 208

CAPITOLO VI.

Lavori di attacco delle roccie.

Abbattimento senza esplosivi . . . . . *Pag.* 213
Abbattimenti con esplosivi . . . . . » 223
Mine speciali . . . . . » 226
Perforazione a mano delle roccie . . . . . » 229
» meccanica . . . . . » 233
Installazione di perforatrici . . . . . » 253
Norme che devono regolare il caricamento e lo sparo delle mine » 276

CAPITOLO VII.

Lavori minerari.

Apertura delle gallerie . . . . . » 280
» dei pozzetti e fornelli . . . . . » 296
Affondazione di pozzi maestri . . . . . » 300
Abbattimenti sotterranei . . . . . » 315

PARTE TERZA.

COLTIVAZIONI.

CAPITOLO VIII.

Coltivazioni a cielo scoperto.

Scavi a giorno . . . . . » 320
Torbiere . . . . . » 339

CAPITOLO IX.

Coltivazioni sotterranee per vuoti.

Sistemi per grandi camere . . . . . » 345
» per pilastri . . . . . » 349
» per franamento del minerale . . . . . » 355

CAPITOLO X.

Coltivazioni con scoscendimento.

Strati di media potenza . . . . . » 359
» potenti . . . . . » 370
Movimenti superficiali del terreno . . . . . » 375

CAPITOLO XI.

Coltivazioni con riempimento.

Strati sottili pianeggianti . . . . . *Pag.* 381
» » raddrizzati. . . . . » 391
Filoni . . . . . » 394

CAPITOLO XII.

Coltivazioni per trancie.

Trancie inclinate . . . . . » 405
» orizzontali . . . . . » 409
Coltivazione dei filoni potenti e degli ammassi . . . . . » 413

PARTE QUARTA.

SERVIZI MECCANICI ED ACCESSORI.

CAPITOLO XIII.

Trasporti sotterranei.

Trasporti all'interno del sotterraneo . . . . . » 424
» lungo il pozzo . . . . . » 440
Motori e macchine d'estrazione . . . . . » 464

CAPITOLO XIV.

Trasporti all'esterno.

Trasporti sulla superficie . . . . . » 495
» aerei . . . . . » 509

CAPITOLO XV.

Eduzione delle acque.

Gallerie di scolo . . . . . » 516
Eduzione meccanica . . . . . » 528
Pompe da miniera . . . . . » 530

CAPITOLO XVI.

Ventilazione.

Aereazione naturale . . . . . » 565
Ventilazione meccanica . . . . . » 567

Ventilatori da miniera . . . . . *Pag.* 567
Regole generali per la ventilazione dei lavori . . . . . » 585

CAPITOLO XVII.

Servizi accessori.

Illuminazione . . . . . » 591
Circolazione e organizzazione operaia . . . . . » 596
Campionatura dei minerali . . . . . » 607

PARTE QUINTA.

PREPARAZIONE.

CAPITOLO XVIII.

Concentrazione dei minerali.

Generalità sulla preparazione dei minerali . . . . . » 619
Spezzatura dei minerali . . . . . » 627
Classificazione per volume . . . . . » 645
Separazione per densità . . . . . » 653
Impianto di laverie . . . . . » 681

APPENDICE.

CAPITOLO XIX.

Legislazione mineraria.

Cenni di legislazione e leggi minerarie . . . . . » 688

AGGIUNTE . . . . . » 696
INDICE ALFABETICO . . . . . » 697

PARTE PRIMA

GEOLOGIA APPLICATA

CAPITOLO I.

Cenni di geologia litologica ed applicata

Cenni di litologia. — Roccie ignee - Struttura - Classificazione - Origine ed età delle roccie ignee - Roccie sedimentarie, roccie d'origine chimica e organica - Metamorfismo, schisti cristallini.

Elementi di stratigrafia. — Fossili - Cenno di geognosia, divisioni geologiche - Fenomeni stratigrafici - Pieghe, fratture, faglie - Età delle dislocazioni.

Giacimenti metalliferi. — Classificazione - Origine - Giacimenti d'origine eruttiva - Idrochimica - Precipitazione sul fondo di bacini - Giacimenti di sostituzione - Riempimento di cavità - Impregnazioni - Riempimento di fratture - Filoni - Giacimenti d'origine organica e meccanica.

Cenni di Litologia.

1. Le roccie che formano la crosta terrestre, si distinguono in due categorie, cioè:

a) *roccie d'origine esterna,* nate cioè alla superficie terrestre per degradazioni di altre roccie preesistenti, o per cristallizzazione, evaporazione, o precipitazione da soluzioni: Queste roccie sono generalmente *stratificate,* il materiale che le costituisce è spesso *clastico* (e cioè formato di detriti) e soventi esse racchiudono degli avanzi fossili, preziosi documenti che permettono di studiarne l'origine e l'età;

b) *roccie d'origine interna*, nate cioè nelle parti relativamente profonde della terra, ove si trovarono allo stato di fusione: queste roccie si presentano normalmente *massiccie* e cioè prive di stratificazione: non sono clastiche ma bensì *autigene* e cioè mostrano la propria origine *ignea o eruttiva.*

Fra queste due categorie di roccie non trova definito posto la serie *schistoso-cristallina,* costituita da roccie che presentano ad un tempo, per la loro forma e giacitura, carattere sedimentario, mentre per la loro natura chimica e mineralogica si avvicinano alle roccie eruttive. Queste roccie, di genesi oscura, molto importanti per la grande estensione che occupano della superficie terrestre e per le relazioni che talvolta mostrano con ricchi depositi di minerale, sono il risultato di trasformazioni profonde di altre roccie, e sotto un aspetto pressochè uniforme nascondono completamente le caratteristiche primitive. Insomma queste roccie non sono oggi quali primitivamente si formarono, perchè subirono posteriormente, in un periodo detto *metasomatico,* azioni tali che ne modificarono profondamente la struttura e la composizione mineralogica: tali azioni furono quindi *metamorfiche* e gli schisti che ne nacquero, sono roccie *metamorfizzate,* dovute cioè a fenomeni di metamorfismo chimico e dinamico.

Noi accenneremo successivamente ai tre tipi menzionati, e cioè alle roccie ignee, a quelle stratificate e infine alle schistoso-cristalline.

2. **Roccie ignee.** — Dal punto di vista chimico esse si distinguono in *acide, neutre* e *basiche,* secondo che rispettivamente contengono più di 65 %, meno di 65 e più di 52 %, e infine meno di 52 % di silice.

Geologicamente le roccie ignee si dividono in *eruttive* o *intrusive* ed in *effusive:* queste ultime, per rispetto all'età, si dividono poi in *paleovolcaniche* e *neovolcaniche,* secondochè appartengono ai periodi più antichi od a quelli meno antichi della storia geologica del globo.

Rispetto all'età le roccie eruttive sono generalmente antiche; tuttavia si conoscono delle roccie eruttive terziarie, come ad es. i graniti granulitici delle isole dell'Elba e del Giglio.

Per quanto riguarda le differenze strutturali, le roccie eruttive, essendosi solidificate in profondità, e quindi in condizioni di temperatura e di pressione assai favorevoli al lavoro cristallogenico, si mostrano completamente cristalline, ossia con tutti gli elementi costitutivi cristallizzati e quindi che polarizzano la luce (1).

(1) Le roccie ignee si esaminano petrograficamente col microscopio, preparandole in sottilissime placchette. La determinazione delle varie specie minerali che compongono le roccie, si compie coll'esame dei ca-

3. Ma il magma igneo soventi, anzichè solidificarsi in profondità, travasò nelle spaccature o nelle cavità delle formazioni terrestri senza venire a giorno, ed in esse lentamente solidificò. Si ebbero in tal caso i ***massicci intrusivi,*** che a seconda della forma e dell'importanza che presentano, si distinguono in ***laccoliti, dicchi*** e ***filoni.***

Le ***roccie di profondità massive o intrusive,*** che cristallizzarono in condizioni particolarmente favorevoli e costanti, nelle quali quindi le successive generazioni di minerali si susseguirono fino alla fine della solidificazione con un determinato ordine, mostrano gli individui cristallini di dimensioni discretamente uniformi e non troppo piccoli, ed ogni minerale appartiene ad un determinato periodo della solidificazione del magma.

Le roccie ***effusive*** presentano invece due fasi distinte nella cristallizzazione; e cioè una prima di ***profondità infratellurica,*** con formazione di cristalli piuttosto grandi, ed una seconda ***effusiva*** che cominciò nella nuova sede che ebbe il magma. La cristallinità di questa seconda fase fu più o meno grande, e dipese evidentemente dalle condizioni che presiedettero alla solidificazione definitiva della roccia, per cui potè aversi una cristallizzazione in piccoli elementi *(microliti)* completa, oppure incompleta, con residui amorfi o ***vetrosi,*** od anche completamente vetrosa se la solidificazione fu assai rapida.

4. Abbiamo quindi alcuni nomi speciali per indicare le varie ***strutture*** delle roccie ignee.

Quando la roccia presentasi completamente cristallizzata, essa è ***olocristallina:*** se invece presenta coi cristalli anche della sostanza vetrosa, essa è ***ipocristallina;*** infine la roccia può essere completamente ***vetrosa*** o ***vetrofirica.***

---

ratteri ottici dei singoli individui cristallizzati. Per queste osservazioni il petrografo si vale di microscopi speciali, nei quali si possono introdurre due ***nicols.*** Il ***nicols*** è costituito da un cristallo di spato d' Islanda opportunamente tagliato e riunito assieme con del balsamo del Canadà: esso ha la proprietà di ridurre in un unico piano le vibrazioni luminose. Accade quindi che, disponendo due ***nicols*** coi piani rispettivi di polarizzazione a 90°, si ha completa estinzione della luce. Se si interpone ai ***nicols*** così incrociati una lamina polarizzante, quale un cristallo qualunque, il piano di polarizzazione della luce che attraversa il primo ***nicols*** viene deviato di un certo angolo, per cui non risultando più a 90° per rispetto al piano di polarizzazione del secondo ***nicols,*** si producono fenomeni luminosi per l'osservatore.

Gli elementi delle roccie si dicono *idiomorfi* quando presentano forma propria: *allotriomorfi* se invece assumono contorni obbligati per la preesistenza di altri elementi già formati.

Si dice poi *panidiomorfa* la struttura delle roccie massive che presenta tutti gli elementi colle forme proprie, e *ipidiomorfa* quella che con elementi idiomorfi ne presenta altri allotriomorfi.

Le roccie massive che, come i graniti, solidificarono lentissimamente e regolarmente in profondità, presentano struttura *olocristallina granulare ipidiomorfa* (granulare per la uniforme grandezza degli elementi).

Le roccie effusive hanno invece struttura *porfirica* e cioè mostrano dei cristalli relativamente grandi, idiomorfi, generalmente della fase infratellurica, ed una ripetizione o *ricorrenza* di alcuni minerali microlitici nella seconda fase di solidificazione, che potè essere olocristallina, ipocristallina o vetrosa: questi due ultimi tipi sono presentati da tutte le roccie vulcaniche.

Le roccie filoniane, nate cioè dalla solidificazione del magma nelle fenditure terrestri, presentano nei proprii elementi una grande tendenza all'idiomorfismo: esse quindi, se molto cristalline, hanno generalmente struttura *granulare panidiomorfa*.

Le roccie effusive sono invece soventi *microlitiche* e se i microliti sono sparsi senza direzioni particolari nella sostanza vitrea abbondante, la struttura è *jalopilitica:* se invece mostrano fluitazione, la struttura è *fluitale*, e questa struttura, quando manca il vetro, è detta *pilotassica*. Se infine l'elemento vetroso è assai scarso e s'annida solo negli spazi angolosi che restano fra i microliti ipidiomorfi, la struttura è *intersetale*.

Dicesi *ofitica* la struttura di una roccia intrusiva quando un bisilicato ferromagnesiaco serve di cemento a cristalli di feldspato, per cui questi, idiomorfi, penetrano in quelli, contrariamente alla solita regola della solidificazione dei magma, per cui prima cristallizzarono gli elementi accessorî (apatite, zircone, magnetite), poi i silicati colorati (olivina, pirosseni, anfiboli), poi i feldspati (dapprima i meno acidi) ed infine, quando c'è, la silice libera.

La struttura *miarolitica,* che può essere propria di roccie intrusive o effusive, è quella che presenta delle piccole cavità dovute alla contrazione di volume che subirono gli elementi all'atto della cristallizzazione.

5. Daremo ora un cenno dei tipi petrografici più comuni, principalmente per definire roccie i cui nomi s'incontrano nelle descrizioni geologico-minerarie.

I. GRANITI — roccie acide di profondità, olocristalline, a struttura ipidiomorfa. Le varietà a mica nera costituiscono le *graniti;* quelle a mica bianca sono talora dai francesi dette *granuliti.*

Sieniti — roccie analoghe alle precedenti, ma prive di quarzo libero. Quando presentano della nefelina prendono il nome di *sieniti eleolitiche:* (var. *miascite, foyaite, ditroite*).

DIORITI — roccie di profondità, con o senza quarzo, con feldspati sodico-calcici e con anfiboli accompagnati talvolta da mica e da pirosseni. I tipi con quarzo, come la *tonalite,* si possono dire *dioriti-quarzose.* Le dioriti-quarzose e micacee danno luogo alle *kersantiti* roccie più filoniane che massiccie.

GABBRI — roccie basiche di profondità a plagiolasi e diallagio.

NORITI — roccie simili ai gabbri, solo che i pirosseni trimetrici (bronzitorti) sostituiscono il diallagio. Sia i gabbri come le noriti possono contenere dell'olivina.

DIABASI — corrispondono chimicamente ai gabbri, ma il pirosseno è augite e la struttura è ofitica; il prof. Rosenbusch ritiene queste roccie come la facies superficiale dei gabbri (var. *sordowalite* e *variolite*).

THERALITI E TESCHENITI — sono roccie piuttosto rare, analoghe alle precedenti, pirosseniche con nefelina.

PERIDOTITI E LHERZOLITI — roccie olivino-pirosseniche senza feldspati, con enstatite, diallagio, ecc.

APLITI (*granuliti filoniane* della nomencl. francese) *graniti* e *dioriti porfirici* — sono le facies filoniane delle corrispondenti roccie di profondità. I *lamprofiri* presentano come elementi del primo tempo soli elementi ferromagnesiaci (anfiboli, pirosseni, mica nero) mentre il secondo tempo contiene dei feldspati: se il feldspato è ortoclasico, si hanno i *lamprofiri sienitici,* se invece è sodico-calcico, i lamprofiri sono *dioritici.*

II. PORFIDI — roccie acidissime, effusive, paleovulcaniche, più raramente filoniane: si distinguono in *P. con quarzo (porfidi quarzosi, felsofiri, microgranuliti, micropegmatiti,* ecc.) ed in *P. senza quarzo libero (porfiriti, ortofiri, keratofiri,* ecc.).

PORFIRITI AUGITICHE E MELAFIRI — sono roccie effusive, corrispondenti alle diabasi ed ai gabbri: presentano due tempi evidenti e soventi mostrano l'olivina (var. *spiliti, naviti,* ecc.).

PORFIRITI PICRITICHE — roccie piuttosto rare; sarebbero i tipi filoniani delle peridotiti.

LIPARITI, RIOLITI, PANTELLERITI — roccie effusive cenozoiche, assai acide, con quarzo libero.

TRACHITI. — Gli elementi del 1° tempo sono sanidino, mica nero, soventi pirosseni: il 2° tempo è costituito di microliti di sanidino (var. vetrose: *perlite, retinite, ossidiana*).

Fonoliti — trachiti con microliti appiattiti, con talvolta della nefelina o della leucite.

ANDESITI — roccie effusive plagioclasiche corrispondenti alle dioriti; più soventi con anfibolo o mica nera; talvolta pirosseniche. Il secondo tempo contiene microliti di andesina.

LABRADORITI — roccie analoghe, con microliti di labrador.

BASALTI. — Sarebbero le facies effusive dei magma diabasici. Nei basalti generalmente si ritiene la presenza dell'olivina come caratteristica: i feldspati sono assai basici.

Tefriti — roccie analoghe, un po' meno basiche, che presentano, oltre il plagioclasio, nefelina o leucite con augite, ma senza olivina.

Basaniti — costituiscono la serie corrispondente con olivina.

Nefeliniti e *Leucititi* — roccie della stessa famiglia, senza feldspati, a nefelina o leucite, con augite.

Limburgiti — roccie analoghe, con augite dominante, con olivina ed anfiboli, ma senza feldspati.

6. **Origine delle roccie ignee.** — Benchè le roccie eruttive coprano una parte relativamente piccola della superficie terrestre, pure la loro varietà è grande: riusciva difficile spiegare tale varietà di tipi colle teorie di King, Daubrée e Delesse, che ritenevano le roccie eruttive come scorie universali del magma fuso interno, ammesso da Laplace.

Erasi osservato da tempo però, che in ogni regione vulcanica, il magma fuso doveva essersi modificato nei periodi geologici, per cui non solo regioni distinte mostrano roccie differenti, ma anche una stessa regione doveva aver dato, in epoche diverse, differenti roccie.

Recentemente si accertò che le roccie vulcaniche di una stessa regione mostrano una certa parentela o consanguineità petrografica, e si venne così all'idea delle « provincie petrografiche » che sarebbero dovute a serbatoi interni — specie di laghi interni isolati, relativamente prossimi alla superficie — in cui il magma fuso subì le *differenziazioni*.

Noi daremo un breve cenno storico delle varie teorie proposte per spiegare le differenziazioni magmatiche, giacchè l'argomento, indirettamente, getta luce sulla genesi di alcuni giacimenti minerari.

7. Nel 1825 Scrope suppose che sul granito, ritenuto roccia

primitiva, cioè solidificatasi dal magma primordiale, il vapor acqueo, sotto forti pressioni, avesse esercitato un' azione disgregante, la quale, favorita da speciali mineralizzatori, originò *le lave*. In esse, infatti, si osservano dei grossi cristalli analoghi affatto a quelli che formano i graniti (feldspati, quarzo, mica, anfiboli, pirosseni). Suppose inoltre lo Scrope che sotto l'azione dell'alta temperatura, dal magma granitico si fossero volatilizzati gli elementi ricchi di ferro e di magnesia, i quali condensati e ricristallizzati ove trovarono condizioni favorevoli, arricchirono di elementi ferromagnesiaci porzioni del magma primordiale, originando così i magma basici delle doleriti, delle roccie basaltiche, ecc.

8. Nel 1844 Dawin suppose invece un magma fondamentale fuso, nel quale la differenziazione avvenne durante la sua solidificazione per effetto della gravità.

I primi cristalli formatisi, a punto di fusione elevato ed a base di calce, allumina, magnesia e ferro, avendo peso specifico superiore al magma, scesero nelle parti inferiori delle masse magmatiche, impoverendo quindi di basi le parti superiori del magma mentre le parti più profonde divenivano meno acide.

Più tardi, Dana, in base ad osservazioni fatte in alcune isole basaltiche del Pacifico, pubblicò nel suo trattato di geologia alcune considerazioni intese a far rilevare che la varietà di roccie, colà osservata, poteva dipendere dal fatto che in ogni magma fuso le molecole minerali non sono fisse, perchè risultano quasi funzioni delle varie condizioni di temperatura in cui si trovano. Per effetto delle variazioni di temperatura potè quindi originarsi una differenziazione magmatica: le parti più refrattarie solidificaronsi per le prime, od almeno poterono diventare prima delle altre viscose, e spinte verso la superficie, cioè nella parte alta del serbatoio interno, per l'azione del vapore, così si separano da quelle che si solidificarono dopo.

9. Nel 1853 Sartorius di Walterhausen, appoggiandosi sul concetto precedente, ammise la iniziale differenziazione, e col Darwin suppose il magma disposto a strati di basicità crescente colla profondità: per cui dedusse che l'acidità di una roccia vulcanica doveva essere funzione dell' età dell'eruzione che l'aveva originata: le roccie eruttive antiche, secondo Sartorius, dovevano essere più acide di quelle più recenti, perchè provenienti dalle parti superiori del magma.

10. Il Junkes più tardi osservò che la diversità delle roccie ignee doveva anche dipendere dalla natura delle formazioni stratificate colle

quali esse si trovarono a contatto e che in parte assimilarono; ed il Lyell, nel 1855, estendendo questo concetto, asserì che i magma vulcanici non sono veri magma primitivi, ma provengono dalla rifusione di roccie già solidificate e da una differenziazione successiva, dovuta alla ricristallizzazione degli elementi.

11. Nel 1868 von Richthofen considerò le azioni *vulcaniche* come l'ultimo stadio delle azioni eruttive, che si manifestarono intensamente nelle epoche geologicamente più antiche, e affermò quindi che l'ordine delle successive emissioni deve essere stato il medesimo, sia per le roccie eruttive come per quelle volcaniche. Egli condivideva il convincimento d'allora che le roccie più antiche fossero in una contrada più acide di quelle relativamente più recenti.

12. Nel 1878 King, osservando le ripetizioni costanti di serie di roccie di diversa composizione, nei diversi periodi geologici, concluse inamissibile l'esistenza di un' universale zona fluida, che si differenziava per il diverso peso specifico dei cristalli che in essa si generavano. Egli ammise invece la temporanea formazione di serbatoi localizzati, contenenti materie fuse, nate da roccie solide profonde. Partendo dalla considerazione che il punto di fusione di una roccia dipende dalla pressione a cui essa soggiace, e che l'aumento di refrattarietà di una roccia cresce colla pressione, alla quale trovasi sottoposta in profondità, in proporzione più rapida delle successive temperature che, pel grado geotermico, essa deve sopportare, concluse che le erosioni superficiali poterono causare la fusione di roccie profonde e quindi creare dei serbatoi magmatici locali. In questi, il King, ammette la differenziazione avvenuta per effetto della gravità. La natura della roccia eruttata sarà quindi dipesa dal momento in cui avvenne l'eruzione.

L'idea che le roccie ignee provengono dalla fusione di roccie sedimentarie, fu pure sostenuta nel 1880 dal Dutton, nel senso che tali roccie, fondendosi in profondità, dovettero necessariamente alterare la composizione del magma primordiale.

13. Nel 1888 Lagorio e Tell richiamano le esperienze di Soret sulla differenziazione di densità di una soluzione di sale portata in punti diversi a diverse temperature: per la pressione osmotica il sale si concentra nelle parti più fredde della soluzione; analogamente in un magma fuso omogeneo sarebbe avvenuta una diffusione eterogenea di alcuni elementi durante il raffreddamento.

Ciò premesso per la parte storica retrospettiva, s'accenna come dopo il 1890 la questione appassionò i geologi e i petrografi, e fra

i numerosi lavori sulle differenziazioni magmatiche sono specialmente noti quelli di Rosenbusch, Brögger, Edding, Washington, Kemp, ecc.

14. I magmi ignei si differenziarono per diverse cause, e così: Per la cristallizzazione degli elementi più basici, per cui un magma granitico potè, ad es. aver dato, nel corso della sua cristallizzazione, un magma sempre più acido, che iniettato nelle roccie adiacenti avrà originato filoni di apliti, di pegmatiti, ecc.:

Per la fusione che i magmi intrusivi esercitarono sulle roccie circostanti:

Per le variazioni di pressione a cui andarono soggetti i magmi, che modificarono il grado di fusibilità di alcuni elementi:

Infine, principalmente, per gli squilibri di temperatura, per cui le parti fredde dei magmi si arricchirono degli elementi meno fusibili, quali appunto quelli basici, mentre correlativamente le rimanenti masse divennero più acide: Un laccolito ad es. si sarà arricchito durante la solidificazione nella parte centrale di silice ed allumina e verso la periferia di ferro, magnesia, calce, ecc.

15. Sovente le roccie ignee, specialmente quelle d'intrusione e le vulcaniche basiche, a contatto delle formazioni sedimentarie le trasformarono, e le alterazioni si propagarono in alcuni casi per qualche chilometro dal contatto. Quasi sempre anche la roccia ignea al contatto si alterò e cambiò natura. Questi fenomeni localizzati al contatto sono noti col nome di *metamorfismo di contatto* e le roccie alterate si dicono *metamorfizzate*. Sovente la variazione è ben visibile ad occhio nudo: talvolta invece è solo discernibile coll'aiuto del microscopio. Come effetto del metamorfismo si ha la generazione, nelle zone di contatto, di minerali speciali caratteristici: così i calcari metamorfizzati presentano della vollastonite, del granato, del pirosseno, ecc.; gli schisti argillosi invece della chiastolite, della mica, ecc.

16. Le roccie di profondità sono compatte; presentano rotture proprie, concoidali, come i porfidi, i graniti, ecc.: quelle vulcaniche sono compatte se basiche, generalmente invece bollose, o semplicemente scabre, se acide; talvolta sono vetrose. Le differenze di struttura delle roccie volcaniche sono dovute alla rapidità più o meno grande di raffreddamento ed alla quantità di gas o di vapori che si liberarono durante il raffreddamento. Generalmente queste roccie presentano da punto a punto di una stessa massa differenze notevoli, e così mentre esse sono francamente litoidi dove si solidificarono lentamente in massa, offrono invece passaggi più o meno vetrosi

dove si raffreddarono più rapidamente, sia cioè sui bordi delle masse principali, come nelle piccole masse secondarie, che più patirono una rapida irradiazione di calore.

Talvolta le roccie vulcaniche si decomposero all'aria al punto di trasformarsi in masse incoerenti. Queste trasformazioni sono frequenti nelle roccie basiche ricche di ferro: l'olivina allora serpentinizza, la biotite cloritizza, l'attinoto steatizza, i feldspati calcificano, ecc.

Alcune formazioni vulcaniche si presentano infine incoerenti; così i *tufi* o *ceneri vulcaniche,* i *lapilli*, ecc.: altre, acide, sono affatto vetrose e bollose, come le *ossidiane,* le *pomici,* le *retiniti*, ecc.

17. **Età.** — Il carattere chimico, e cioè l'acidità relativa che presentano le roccie ignee di una stessa o di diverse contrade, non dà alcuna luce sull'età relativa delle roccie stesse. Neppure il grado di alterazione più o meno forte di alcuni degli elementi comuni, che entrano nella composizione delle roccie ignee di una stessa contrada, permette determinazioni cronologiche di qualche approssimazione.

Il carattere petrografico delle roccie è invece sovente sufficiente di per sè per affermare se la roccia è antica o recente, ma più sicura riesce però la determinazione, se alla conoscenza della natura petrografica della roccia è abbinata quella della sua giacitura, e se quest'ultima è posta in relazione ai terreni sedimentari della regione ed ai fenomeni orografici che l'interessarono.

La reciproca posizione delle roccie eruttive di una contrada basta in molti casi per determinarne con approssimazione l'età relativa. Se poi alcune interessano formazioni stratificate d'età nota, si hanno in tal caso riferimenti cronologici sicuri: Così se la roccia ignea attraversa date formazioni sedimentarie, è naturale ammettere che essa è più giovane dei terreni che ha attraversato.

Tuttavia giova in proposito notare che può darsi che alcuni terreni non siansi prestati ad essere attraversati.

18. Se si tratta di roccie effusive, che si spinsero fino alla superficie del suolo originando colate, si può indurre l'età del fenomeno basandosi sull'età delle formazioni che furono coperte; ma questo criterio è evidentemente attendibile solo nel caso che i sedimenti abbiano conservato la loro posizione originaria di deposito.

Le inclusioni che offrono soventi le roccie vulcaniche, possono guidare nella determinazione dell'età relativa alle stesse: Gli inclusi appartengono sempre a roccie più antiche di quelle che li racchiudono. Parimenti se nelle formazioni sedimentarie su-

bordinate alle eruttive vi sono dei conglomerati, l'esame degli elementi che li compongono e della stratigrafia locale dà possibilità di accertare se essi furono posteriori o anteriori alle venute ignee, e quindi d'inferire, in relazione all'età dei conglomerati, l'età delle roccie ignee.

Quando la roccia ignea forma dei dicchi nei terreni sedimentari, occorrerà accertare se essi hanno carattere *intrusivo dinamico* o *eruttivo*, e cioè se presentano breccie di frizione, oppure se mostrano sui bordi fenomeni di contatto, quali ad es. trasformazioni delle argille in porcellaniti, principio di fusione nei gres, aumento di cristallinità nei calcari, impoverimento od arricchimento di silice nelle altre formazioni sedimentarie con generazione di silicati speciali, trasformazione di carboni fossili in cok, ecc. Questi fenomeni di metamorfismo di contatto sulle formazioni stratificate preesistenti alle venute ignee, sono accompagnati generalmente da alterazioni, sul contatto, della stessa roccia ignea per *endomorfismo*.

Infine le *apofisi*, che le roccie ignee possono aver radicato nelle formazioni adiacenti, permettono di asserire che queste preesistevano alla eruzione. La fig. 1 rappresenta apofisi granulitiche di granito nel calcare. La posteriorità della granulite al calcare è, nel caso figurato, evidente.

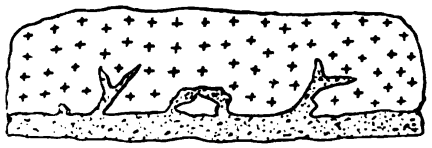


Fig. 1.

19. **Roccie stratificate.** — Le roccie *stratificate* possono aver origine di meccanica sedimentazione, oppure origine chimica, od organica.

Notiamo subito che talvolta le roccie ignee presentano aspetto stratificato: si tratta però sempre di pseudo-stratificazioni, nate dopo la formazione della roccia e dovute agli effetti dinamici a cui la roccia stessa è stata soggetta. Fanno eccezione i tufi.

Le roccie di origine nettamente sedimentaria presentano carattere detritico o clastico più o meno accentuato: esse sono *allotigine* cioè nacquero per la distruzione, effettuata specialmente dalle acque superficiali, di roccie preesistenti e per successivo deposito del materiale in *strati* sul fondo o sulle rive dei mari, o nei corsi d'acqua, nei laghi, negli estuari, ecc. I depositi si stabilirono orizzontali o quasi, ed i vari strati, per effetto della gravità, si costituirono con elementi fisicamente analoghi. Siccome però le condizioni delle sedimentazioni sovente variarono bruscamente durante il fenomeno, le formazioni sedimentarie presentano frequentemente gli strati di-

versi fra loro chimicamente e fisicamente: il materiale che compone uno stesso strato è invece generalmente uniforme e per quanto riguarda la grossezza dei grani, il più delle volte è in relazione al peso specifico degli stessi.

I *depositi sedimentari* si possono distinguere in *marini* e di *acqua dolce*: l'aspetto fisico delle formazioni ed i fossili che esse racchiudono, rendono facile la distinzione. I sedimenti marini si dividono a loro volta in *costieri* o *littorali*, ed in *pelagici* o di mare profondo. I primi hanno natura di *aggregato*, *psefitica* o *psammitica* secondo la grossezza degli elementi, mentre i secondi sono *pelitici* o *argillosi*.

20. I sedimenti di acqua dolce sono sempre arenacei: Sono poi psefitici i *depositi di ghiaie*, le *morene glaciali*, i *conglomerati*. Quando i conglomerati mostrano grossi elementi silicei arrotondati, cementati da silice, si hanno le *puddinghe*: Se gli elementi quarzosi, variamente colorati, sono cementati da sostanze micacee o talcose, le roccie allora prendono il nome di *anageniti*.

I conglomerati grossolani formati da elementi ad angoli vivi diconsi *breccie;* esse variano col cemento e coi frammenti che le costituiscono: si hanno quindi le brecce di quarzo, di calcare (le più frequenti), di granito, di serpentino, di porfido ecc.

Le *arenarie* o gres sono formazioni psammitiche, costituite da sabbie di varia natura, i cui elementi per processi diagenetici si sono riuniti con cemento generalmente calcareo, siliceo o marnoso; il *macigno* e la *molassa* sono arenarie rispettivamente argillo-calcari micacee e marnose.

La *psammite* propriamente detta è un'arenaria schistoso-micacea: quando coi grani di quarzo vi è cemento argilloso, si ha la *grovacca*.

Le ceneri vulcaniche, che si depositarono ed in seguito si cementarono, diedero luogo ai *tufi vulcanici*: la *pozzolana* è una cenere vulcanica decomposta.

I depositi argillosi-calcarei costituiscono le *marne*.

Le *argille*, quando sono purissime danno luogo ai caolini: essi provengono dalla decomposizione dei feldspati.

Le *argille scagliose* sono di natura magnesiaca e ricche di ossidi: non sono plastiche ed esposte all'aria perdono ogni coesione.

Quando le argille sono colorate da ossidi di ferro o di manganese costituiscono le *ocre*, che servono soventi per tinte. Talvolta dette argille sottilmente stratificate subirono un arricchimento di silice, e si trasformarono in *diaspri*, la cui colorazione, più o meno

variegata, è dovuta agli stessi elementi che colorano le argille. — Roccie silico-argillose sono le *ftaniti*. A volte a contatto di roccie ignee, le argille si trasformarono in *porcellaniti*.

21. *Roccie d'origine chimica.* — In queste roccie il carattere concrezionato si mostra sovente più evidente che non quello sedimentario: Esse occupano una parte molto ristretta della superficie terrestre, e generalmente sono nate da evaporazione di soluzioni o da precipitazioni di elementi nel seno delle acque. Più che in veri strati esse si mostrano soventi in *lenti* più o meno sviluppate, disposte in relazione al bacino in cui i materiali si depositarono.

Il *gesso* ha origine chimica e probabilmente è nato per le trasformazioni che sui calcari effettuarono emanazioni solfatizzanti; il *salgemma*, che si depositò in bacini marini per una progressiva evaporazione, ha pure origine chimica e non mostra stratificazione sedimentaria; i *travertini*, alcuni *tufi*, sono dovuti a deposito di carbonato di calce separatosi dalle acque ecc.: tutti questi giacimenti si presentano in forma di banchi o di ammassi più o meno lenticolari.

Importanti in questa categoria sono i depositi di *ferro oolitico*, che formano degli strati estesi e potenti in talune contrade (Lussemburgo e Lorena), e sono attivamente coltivati per alimentare gli alti forni; come pure alcuni strati oolitici di manganese del Caucaso. Essi ebbero origine da deposizioni, in seguito a reazioni chimiche, in vasti bacini.

Sono note le formazioni geyseriane e le solfifere; le incrostazioni delle sorgenti termominerali, ecc., che appartengono tutte a questa categoria.

22. *Roccie d'origine organica.* — Dal punto di vista industriale queste roccie sono più importanti di quelle d'origine chimica. I *coralli* pare abbiano originate quelle masse calcari delle nostre Alpi che per successiva sostituzione di magnesia alla calce, costituiscono le *dolomiti*. Le *cargnole* non sono altro che dolomiti cavernose.

Il calcare nella maggior parte dei casi è d'origine organogena.

La *creta* è un aggregato di infiniti resti di foraminifere, spicule di spugne, diatomee, ecc.

Le diatomee, che sono alghe siliciose microscopiche, costituirono i banchi di *tripoli* e di *kieselguhr;* un'altra alga, la *gallionella ferruginea*, fissa il ferro delle acque allo stato di ossido, ed origina gli estesi strati di *ferro degli stagni* che nelle bassure nordiche furono altrevolte coltivati industrialmente per la produzione del ferro. Alcuni microbi fissano lo zolfo, e forse ebbero influenza in alcune

deposizioni di zolfo, ecc. — I *petroli* hanno origine organica; probabile origine ripetono gli *asfalti*, ma fra tutte le formazioni di origine organica primeggiano per importanza quelle di *combustibili fossili* (antraciti, litantraci, ligniti e torbe) dai quali l'industria moderna trae la maggior parte della propria vita.

23. **Roccie schisto-cristalline.** — Quando le formazioni argillose subirono delle azioni dinamiche, gli elementi si disposero in placchette, e diedero luogo a roccie dotate di fissilità più o meno marcata. Tali azioni dinamiche trasformarono sovente le argille in *schisti* con generazione abbondante di piccoli cristalli appiattiti che si disposero nelle placche. Il fenomeno della cristallinità e della schistosità è in questi casi dovuto al *dinamometamorfismo* o *metamorfismo dinamico*. Le *ardesie*, che si dividono facilmente in placche assai sottili, mostrano un tipo assai perfetto di schistosità d'origine dinamica.

Talvolta gli schisti argillosi ripetono la loro fissilità delle circostanze di deposito, per cui si ebbe una successione di strati più o meno sottili; ma generalmente essa è d'origine dinamica, per cui la direzione della schistosità si mostra indipendente dalla stratificazione, sicchè questa si può seguire soltanto colle variazioni di colorazione che presentano i singoli strati.

Se il metamorfismo dinamico interessò una vasta estensione e magari tutte le formazioni di una contrada, allora prende il nome di *metamorfismo regionale*. Esso non è però il risultato di semplici azioni dinamiche, poichè alla pressione verticale delle masse superiori, ed agli sforzi laterali prodotti dal sollevamento delle catene montagnose, soventi si associarono negli effetti l'azione del calore centrale e le azioni idrochimiche che dagli stessi fenomeni dinamici verosimilmente nacquero. Così gli schisti cristallini, che per la loro posizione inferiore a quella degli altri terreni, si ritennero per molto tempo come rappresentanti del terreno primordiale, sembrano oggi ai geologi nati da roccie sedimentarie che subirono alterazioni profonde per metamorfismo regionale: i gneiss, i micaschisti, gli anfiboloschisti, i cloritoschisti, i calcari cipollini, ecc., pare appunto che ripetano tali origini.

Quantunque poi sia naturale che le roccie antichissime abbiano subito di preferenza il metamorfismo, non è però men vero che con l'abito metamorfico, e simili a veri schisti cristallini, si possono incontrare anche roccie geologicamente recenti.

24. I *gneiss* hanno composizione mineralogica analoga a quella dei graniti (ortosio, quarzo e mica), ma la struttura è schistosa, in

virtù dell'assestamento speciale della roccia e della disposizione regolare dei minerali componenti (specialmente la mica), da cui deriva la divisibilità in lamine anche molto sottili. Talvolta i gneiss sono in relazione a *granuliti* o *leptiniti*, che sono roccie formate da associazioni di quarzo, feldspato e granato.

I *micaschisti* sono costituiti essenzialmente da mica, che conferisce in alto grado alla roccia la struttura schistosa, e da quarzo. Essi differiscono dagli gneiss perchè sono privi di feldspati: quando il quarzo è in quantità prevalente si hanno le *quarziti*.

I *cloritoschisti* sono roccie costituite essenzialmente da clorite; come minerali accessori possono contenere, pirite, granato e magnetite.

I *talcoschisti* sono costituiti essenzialmente da talco: come minerali accessori possono contenere pirite granato magnetite, e talvolta mica in quantità rilevante.

Le *filladi* sono roccie intermedie fra gli schisti argillosi ed i micaschisti: derivano da metamorfismo di sedimenti pelitici; mostrano, confissilità eminente, superfici liscie, lucenti, di color grigio o verdognolo, ondulate o increspate.

Gli schisti provenienti da roccie eruttive prendono talvolta il suffisso *orto*: così ortogneiss. Quando invece provengono da roccie sedimentarie, si suole talvolta premettere la particella *para*, così paragneiss. La distinzione però è generalmente assai difficile.

Elementi di stratigrafia.

25. — Le formazioni stratificate dovrebbero evidentemente, ove non fossero avvenuti fenomeni dinamici, presentarsi coi singoli strati fra loro concordati, il cui ordine rivelerebbe l'ordine di deposizione. L'ordine di sovraposizione segnerebbe quindi l'età relativa dei vari depositi o strati. Se una quarzite fosse ricoperta da calcare, potremmo dire con sicurezza che questo è più recente di quella: E associando all'ordine di sovrapposizione delle varie roccie la loro natura litologica, sarebbe permesso di intravvedere la storia geologica della contrada nel periodo abbracciato dalla deposizione degli strati che si considerano. E così se si osservasse dal basso verso l'alto la successione seguente di strati concordanti: argille marine, gres, conglomerati, potrebbesi ritenere che il mare profondo, che depositò le argille, si sia ritirato per dar luogo al regime littoraneo col de-

posito dei gres e dei conglomerati ed i vari depositi si mostreranno in *regressione*, in relazione, cioè, al successivo ritirarsi del mare. Se il mare invece avesse invaso una regione, sostituendo quindi a depositi littoranei dei depositi di mare profondo, i nuovi depositi si presenteranno in *trasgressione* rispetto ai primi, in relazione cioè all'avanzarsi del mare sulla regione.

26. Mentre la posizione relativa degli strati nella serie ci indica l'età relativa di essi, e cioè ci permette di dire che un dato strato è più recente di quelli che ricopre e più antico di quelli che lo ricoprono, la paleontologia ci dà mezzo di determinare l'età assoluta di una formazione nella scala dei tempi geologici. — Durante le varie epoche geologiche la fauna e la flora dovettero rispondere alle varie condizioni dell'ambiente, che mutarono col tempo: La evoluzione degli organismi permise l'adattamento delle specie animali e vegetali alle successive condizioni d'ambiente in cui vissero.

Siccome i periodi di transizione furono relativamente brevi e le condizioni si presentarono poco favorevoli, evidentemente, allo sviluppo della specie non ancora evoluta, difettarono i termini di transizione ed ogni epoca geologica presentasi quindi con un corteo di fossili caratteristici: Non tutti i fossili possono però servire alla classificazione dei terreni; alcuni si trovano nei terreni di più epoche geologiche: fra essi bisogna quindi scegliere le *specie che sono caratteristiche delle varie epoche*. Coll'aiuto dei fossili adunque si può collocare ad es. uno degli strati di una formazione, nel giusto suo livello geologico: degli altri strati ne sarà determinabile l'età relativa, riferendone, in mancanza di fossili, la posizione allo strato noto.

Ma non solamente i fossili permettono di stabilire l'età geologica di un dato strato, ma dànno sovente anche il modo di indurre le condizioni che esistevano nella contrada all'epoca in cui avvenne il deposito che si considera. Così se i fossili di un sedimento ci rappresentano individui i cui congeneri attuali amano la profondità dei mari, ed altri, di un altro strato superiore, ci rappresentano specie che, come i corallari, non vivono a profondità rilevanti sotto la superficie marina, possiamo con giusto criterio ritenere che ad un mare profondo succedettero condizioni di deposito littoranee, e che perciò la regione subì una emersione; così anche se trattasi di una regione emersa, la flora potrà farci conoscere il grado di emersione subita, e le condizioni di luce e di calore che si ebbero, posteriormente.

Così le selve del carbonifero, che originarono i depositi di

litantrace, vegetavano in un'atmosfera umida, ricca di acido carbonico e pochissimo luminosa. I colori nella flora li ritroviamo infatti solo nelle epoche geologiche relativamente recenti: La varietà della flora del terziario ci dimostra che solo allora si ebbero differenze climatiche nelle varie contrade.

27. Continuando nella supposizione che gli strati terrestri si siano conservati nell'originaria loro posizione dall'epoca del deposito fino a noi, forando in una località un pozzo sufficentemente profondo ed esaminando la successione degli strati, avremo, riportando i dati rilevati in scala su un foglio di carta, la riproduzione completa delle sedimentazioni in quella località. Forando ad es. un secondo pozzo nella contrada, potremo avere la stessa successione di strati, ma può darsi che questi ultimi non corrispondano nella natura fisica ai precedenti: in uno dei pozzi può presentarsi per es. l'argilla e nell'altro, come deposito sincronico, il gres, entrambi depositati dallo stesso mare che ricopriva la regione. Per cui le formazioni, pur differendo fra loro, sarebbero caratterizzate da fossili della stessa epoca, ma di *facies* però diversa, e cioè pelagica e littorale.

Nella realtà, in nessun punto della terra si trova completa la successione delle sedimentazioni. E ciò è evidente, perchè le sedimentazioni non furono continue nè rispetto al tempo, nè rispetto allo spazio. Ogni regione quindi presenta soltanto un complesso di formazioni, quali cioè risultarono dalle sedimentazioni e dalle successive deformazioni ed erosioni subìte dalla contrada: vale a dire ogni regione offre solo un brano della storia stratigrafica. Sulla verticale, che abbiamo supposto ci rappresentasse l'intera serie delle sedimentazioni, avremo quindi per ogni regione individuati solo dei tratti, corrispondenti alle formazioni esistenti, la cui posizione, nella nostra rappresentazione grafica, sarà determinata in base ad es. ai fossili caratteristici che raccoglieremo negli strati.

Gli intervalli, ai quali non fanno riscontro strati, ci rappresenteranno *lacune* nella sedimentazione. Queste lacune possono aver avuto origini diverse, e così se la regione passò per un'*emersione*, da un regime littoraneo ad un regime continentale, e se non vi furono poscia depositi continentali, evidentemente le sedimentazioni rimasero interrotte: così pure un regime pelagico tranquillo può aver annullato le sedimentazioni, e infine anche formazioni esistenti poterono posteriormente sparire per vaste erosioni.

Ma coll'esame di diverse regioni, siccome le lacune evidentemente non si ripeterono con corrispondenze cronologiche, fu pos-

sibile colmarle, e coll'integrare tutte le osservazioni, si arrivò a conoscere la successione completa delle formazioni di tutti i periodi geologici.

28. Lo spessore dei terreni sedimentari si ritiene che complessivamente sia di 54.000 metri: questo spessore è naturalmente ripartito nelle varie formazioni geologiche, ma la medesima formazione può assumere nelle diverse località spessori assolutamente differenti, variabilissimi: Talvolta una intera formazione geologica è rappresentata in una data contrada da un solo strato. Quindi gli studi di geologia locale si devono sempre inquadrare in quelli di geologia generale: le ricerche paleontologiche facilitano e nello stesso tempo rendono sicuri i *riferimenti* degli strati o dei terreni che presenta una data località, alla serie geologica delle sedimentazioni. I fenomeni locali, che rappresentano episodi geologici, devono quindi sempre essere interpretati con larghezza di vedute: Così la natura degli strati littoranei ha sempre un carattere locale così marcato, che può indurre in errori grossolani nelle coordinazioni stratigrafiche, se gli strati non presentano fossili caratteristici che permettano di identificare cronologicamente le formazioni fisicamente diverse.

Consideriamo ad es. una sezione normale ad un' antica costiera: È probabile che ad una massa superficiale di conglomerato più o meno brecciosa, dovuta allo sfacelo della costiera, faccia seguito un deposito di sabbia, il quale al largo si trasformò in limo argilloso. Questi tre depositi sono contemporanei, ma presentano aspetti fisici assolutamente diversi, e per fare la determinazione del sincronismo sarebbe necessario poter seguire le trasformazioni o *transizioni* che subisce lo strato che si considera, nel suo sviluppo. Tale accertamento è particolarmente difficile nella maggior parte dei casi, per cui si preferisce seguire lo strato dove presenta caratteri fisici costanti e determinarne poi lo sviluppo: nel caso nostro si individuerà l'antica riva del mare, che ci permetterà di indurre le eventuali variazioni che presentano fisicamente gli strati, dovute alle particolari condizioni di deposito.

Colla continuità degli strati si stabiliscono, nei complessi geologici, delle superfici di livello rispetto al tempo, dette *eterotopiche*, le quali facilitano la classificazione degli strati secondo l'età relativa. Se queste superfici hanno una posizione ben determinata nella scala geologica, per esempio, per i fossili caratteristici che racchiudono, esse costituiscono dei livelli od *orizzonti geologici* nel complesso di formazioni che si considera. Analoghe osservazioni

permettono di evitare l'errore inverso, in cui si può cadere nel collegare tra loro strati fisicamente simili, perchè nati da identiche condizioni di sedimentazione, mentre appartengono ad epoche diverse. — Solo l'assenza fra essi di *continuità* potrebbe mettere sull'avviso il geologo, quando, ben inteso, mancassero i criteri paleontologici per stabilire la successione. Questa continuità degli strati o delle formazioni non va intesa in senso fisico o geometrico, bensì in senso geologico.

29. — Talvolta, anzichè riferirsi allo strato in esame, l'accertamento della continuità si compie facilmente, osservandone i rapporti con uno *strato satellite* ben determinato: Supponiamo che affiorino a distanza, in una regione, due strati di calcare d'identico aspetto, sicchè paia che in realtà si tratti di due affioramenti di uno stesso strato. Il seguire lo strato passo passo dall'uno all'altro affioramento è cosa raramente possibile e d'altra parte, per rotture o per altre cause, lo strato può non presentare continuità geometrica, pur essendo geologicamente continuo. In queste determinazioni riesce d'utile ausilio la presenza eventuale di uno *strato satellite*, p. e., uno straterello d'ocra. Se esso apparisce, ad esempio, inferiormente allo strato in entrambi i punti, molto probabilmente si tratterà di uno strato continuo: se invece lo strato d'ocra, che presentasi in un affioramento sotto il calcare, nell'altro si presentasse sopra, si tratterebbe, con ogni probabilità, di due strati, che presentano la stessa *facies* litologica e paleontologica, ma che si depositarono in tempi diversi, ossia di strati *isopici*.

Coll'osservazione delle superposizioni degli strati, e dei complessi di strati che si dinotano col nome di *formazioni*, e colla determinazione dei fossili caratteristici che essi racchiudono, coi riferimenti stratigrafici, ecc., si raggrupparono le formazioni terrestri secondo la loro età geologica; e pur non essendo in alcun punto della terra la scala dei terreni completa, e la superposizione delle formazioni visibile, si stabilì con grande precisione la successione cronologica delle formazioni terrestri, quale dovrebbe ritrovarsi se le sedimentazioni ovunque fossero avvenute senza *lacune* e si fossero conservate attraverso le epoche geologiche senza erosioni e senza deformazioni. In tale classificazione delle sedimentazioni, cardini di ogni determinazione sono i fossili. Il criterio di semplice sovrapposizione è infatti reso di difficile applicazione pratica per gli sconvolgimenti che quasi ovunque alterarono la posizione relativa degli strati e resero il problema stratigrafico molte volte singolarmente complicato. I fossili invece

accompagnarono, come contrassegno, gli strati in tutte le deformazioni che subirono, rendendone così sicura la determinazione dell'età geologica.

Mentre la stratigrafia serve nel dettagliato studio delle regioni e richiede una assoluta continuità di osservazioni, la paleontologia permette di classificare nei propri orizzonti geologici, terreni di località discoste tra loro, senza che occorra, nella generalità dei casi, per queste determinazioni alcun coordinamento.

Fra le spoglie fossili, le più importanti, sotto questo punto di vista, sono quelle degli animali che vissero nei mari.

Il mare fu continuo per sua natura, sia superficialmente, sia attraverso lo spazio di tempo, e gli animali che in esso vissero non subirono l'influenza di variazioni locali, e le loro spoglie, indipendentemente dalle abitudini degli animali che le vestivano, si sparsero ovunque, con forme poco differenti durante una stessa epoca geologica. Del resto le diversità dovute alle diverse condizioni geografiche, si ripercossero sempre in debole misura sulle forme tipiche, e quindi basterà considerare nel raffronto di regioni lontane le *specie*, opportunamente scelte, ***rappresentative dei tipi caratteristici.***

I fossili che servono nella classificazione dei terreni sono quelli riconosciuti caratteristici di una data epoca. La paleontologia insegna che la fauna subì, come la flora, durante i periodi geologici, delle trasformazioni numerose, per cui in ogni periodo geologico apparirono tipi determinati, che presero generalmente straordinario sviluppo, e le cui spoglie fossili ci permettono la classificazione dei terreni che le racchiudono. La paleontologia, inoltre, ha studiato le specie fossili secondo l'evoluzione delle forme, per cui se due depositi direttamente sovrapposti, presentano, ad esempio, gli stessi generi con forme molto diverse, si può ritenere che, pur essendo immediatamente sovrapposti, i terreni appartengono ad epoche geologiche fra loro lontane.

30. — Paleontologicamente, un gruppo di strati che presenta fossili caratteristici di una data *età* geologica, costituisce una *assisa* che è contraddistinta col nome dei fossili caratteristici: Così ad esempio: creta a *micraster coranguinum*.

In rapporto ai tempi la storia del nostro globo è stata distinta in quattro grandi *êre*, ognuna delle quali, a sua volta, è divisa in *epoche,* le quali abbracciano vari *periodi geologici*. Il complesso delle formazioni che comprende un gruppo tipico di fossili di un determinato periodo, costituisce un *piano* o *assisa*.

Naturalmente queste divisioni rispecchiano solo le *variazioni* d'ambiente, e sono quindi indipendenti dalla *durata* delle condizioni che si mantennero costanti: tale durata di tempo, tranne che con criteri desunti della potenza delle sedimentazioni, criteri che sono sempre molto imprecisi, sfugge completamente ad ogni nostro apprezzamento.

31. **Cenno di geognosia.** — Lo sferoide terrestre, secondo l'ipotesi di Laplace, alla fine della fase stellare si presentava come una massa differenziata per effetto della gravità. I materiali più leggeri, quali la silice e gli ossidi alcalini-terrosi, predominavano alla superficie, ed esternamente lo sferoide trovavasi avvolto in un'atmosfera assai più pesante dell'attuale. La pressione all'interno della terra cresceva naturalmente colla profondità, sicchè la densità del materiale profondo necessariamente aumentava anche per l'addensamento delle molecole. Mentre la densità dello sferoide è 5.6 la densità media delle roccie superficiali è solo 2.5.

La dissipazione del calorico negli spazi interplanetari valse ben tosto a solidificare la superficie dello sferoide fuso e nacque così una crosta solida, la quale, non-resistendo ancora all'attività interna del globo, si inabissò più volte, perchè più densa della parte fusa, e fu rifusa.

A poco a poco però la superficie del pianeta si ricoprì di una crosta solida stabile, e da allora avvenne una divisione fra l'*attività interna* del globo e l'*attività esterna*.

Dalle azioni *endogene* ed *esogene* posteriori, nacque la maggior parte delle formazioni terrestri.

Sulla primitiva crosta solida si precipitarono le acque abbondanti che sovraincombevano allo stato di vapore nell'atmosfera. Erano quelle acque caldissime, per la forte pressione dell'atmosfera primitiva, ed erano ricche di principi attivi chimicamente: quindi agirono sulla crosta terrestre, la quale, composta di schiume silicate, risultò poscia il prodotto di un forte rimaneggiamento meccanico e di energiche reazioni chimiche.

Si ascrivono da molti a quell'epoca primordiale i *gneiss*, i *micaschisti*, le *filladi*, i *cipollini*, ecc. di alcune contrade, roccie che presentano una notevole cristallinità ed un particolare aspetto stratiforme.

In questo gruppo, evidentemente, la vita organica non poteva apparire. La contrazione dello sferoide, dovuta al raffreddamento, aveva intanto prodotto nella crosta solida un primo accenno a deformazione, e si volle dedurre da esperienze che questa prima

deformazione dovette essere stata tetraedrica; l'Europa, l'Asia e l'America Settentrionale accennerebbero infatti ancora, colle loro masse, ai tre angoli del tetraedo, trovandosi il quarto nelle sviluppate terre del polo australe. Comunque, per tale accenno a deformazione, si riunirono le acque nelle bassure, originando i primi mari, mentre per conseguenza si stabilivano le prime aree continentali. E si ebbero così, colle roccie sopracitate, alla superficie anche i primi *conglomerati*, dovuti alle azioni meccaniche esterne.

A tal gruppo di terreni, depositatosi quando alla superficie della terra non era ancor apparso alcun cenno di vita organica, compete il nome di *azoico* e l'era corrispondente dicesi pertanto *azoica* od anche *arcaica*.

32. Nell'era seguente, detta *paleozoica*, la vita prese possesso dei mari e la fauna primordiale dapprima è rappresentata a noi da pochi tipi semplici, a cui successe in breve un'abbondanza di individui perfettamente organizzati, che per la particolare partitura longitudinale del corpo in tre lobi, si denominano *trilobiti;* ai trilobiti, alla fine del paleozoico, successero i primi *pesci*, mentre la fauna trasmigrava dai mari sulle rive delle aree continentali, coi primi *rettili anfibi*.

La flora si era manifestata sul principio dell'era con rare alghe ma poi sulla fine aveva assunto straordinario vigore, favorita dal clima caldo ed umido e dalla ricchezza d'acido carbonico dell'atmosfera: Selve di gimnosperme, dalle foglie coriacee e grigie poichè scialba era la luce, dovuta a un sole ancora diffuso e dilatato, purificavano l'atmosfera, rendendo così possibile la vita dei primi *insetti*, mentre travolte negli estuari, accumulavano quelle riserve di carbone che, conservatesi nelle sedimentazioni dell'epoca, oggi noi sfruttiamo come *antraciti* e *litantraci*.

L'era paleozoica fu di grande attività endogena, e dal polo verso l'equatore si distinguono i resti di tre catene: *l'uroniana*, la *caledoniana* e l'*erciniana*, apparse successivamente e che appartengono alle epoche cambriana, carbonifera e permiana.

33. Purificatasi l'atmosfera dell'acido carbonico che prima conteneva, si rese possibile la vita sui continenti, che nell'era precedente erasi affermata solo lungo i littorali cogli anfibi, e nelle foreste con rari insetti. I fenomeni endogeni gradualmente si estinsero e colle nuove condizioni dell'ambiente sorse l'era *secondaria* o *mesozoica*. Con essa appariscono i primi *mammiferi*, che rimangono però stazionari nello sviluppo per tutta l'era, mentre si moltiplicano invece i *sauriani*, precursori dei *rettili alati* che compari-

rono solo alla fine dell'epoca. Nei mari, oltremodo popolati da una ricca fauna, appaiono le ***belemniti*** e le ***ammoniti,*** le quali ultime dapprima semplici si mostrano in seguito ornate, per spegnersi alla fine dell'era coi tipi a spire disgiunte.

Alle belemniti, che sparirono prima delle ammoniti, fecero seguito le ***rudiste***. Delle belemniti, ammoniti e rudiste, tipi completamente scomparsi, rimasero a noi ignote le forme carnose, che furono però teoricamente ricostruite dai paleontologi.

Il secondario fu un'era calma, che trascorse senza quasi fenomeni endogeni: nei mari alla sedimentazione tranquilla si accoppiò l'incessante lavorio dei polipai costruttori, e la temperatura, che si mostrava eguale a quella dell'attuale zona torrida era uniforme dal polo all'equatore, forse per causa d'un sole ancora dilatato, dando così luogo a una flora uniforme. Solo alla fine dell'era la temperatura cominciò a differenziarsi nelle varie regioni, ed apparirono allora le prime angiosperme.

34. Infine con un forte risveglio delle attività interne, rimaste per tutto il secondario dormienti, si inizia ***l'era cenozoica*** o ***terziaria.*** Sorsero allora, per corrugamento orogenetico o per sprofondamento delle aree limitrofe, le grandi catene montuose attuali, mentre le antiche dalle erosioni quasi sparivano distrutte. Gli Appennini ed i Pirenei dapprima, e poi le Alpi, il Giura, i Carpazi, l'Imalaia e le Ande completarono l'orografia attuale. Tali catene però non sorsero d'un tratto, perchè il fenomeno orogenetico fu assai complesso e si completò in un tempo relativamente lungo e quasi a sbalzi.

Durante il terziario dapprima si moltiplicarono nei mari le piccole ***nummuliti*** come organismi costruttori, poscia si svilupparono i gastropodi: I climi maggiormente si differenziarono, forse per la completa contrazione solare ed i mammiferi, moltiplicandosi, presero possesso delle aree continentali, nelle quali la flora mostravasi svariata e lussureggiante, a foglie caduche ed a fiori colorati, indizi quest'ultimi della comparsa delle stagioni e di luce abbondante.

Alla fine di quest'era per cause non ancora ben spiegate, avvenne il grandioso ***fenomeno glaciale,*** dopo il quale sulla terra, in un ambiente analogo all'attuale ed in condizioni quindi propizie alla vita, apparì un nuovo mammifero, l'***uomo***, ad inaugurare paleontologicamente l'era ***quaternaria*** o ***attuale.***

35. Riassumiamo, per comodità del lettore, in un quadro sinottico la divisione geologica dei terreni, colle denominazioni che

sono più usate nel nostro paese e che frequentemente s'incontrano nelle descrizioni geologico-minerarie:

- **Arcaico od azoico**
  - LAURENZIANO
  - URONIANO
- **Paleozoico o primario**
  - CAMBRIANO
    - *Ardennese.*
    - *Scandinaviano.*
  - SILURIANO.
    - *Armoricano.*
    - *Boemiano.*
  - DEVONIANO
    - *Renano.*
    - *Eifeliano.*
    - *Fammeniano.*
  - CARBONIFERO
    - *Antracitoso*
      - inferiore.
      - medio (Culm).
      - superiore.
    - *Carbonifero (houiller).*
  - PERMIANO.
    - *Inferiore* (gres rosso es Verrucano).
    - *Superiore* (Zechstein).
  - TRIAS
    - *Vosgiano o Buntersandstein* (Servino).
    - *Franconiano o Muschelkalk.*
    - *Tiroliano o Keuper*
      - Norico
      - Carnico
        - railb
        - dolomite princ.
- **Mesozoico o secondario**
  - GIURA
    - LIAS O GIURA NERO
      - *Infralias*
        - retico.
        - hettangiano.
      - *Lias*
        - Sinemuriano.
        - Charmatiano.
        - Toarciano.
    - OOLITE
      - DOGGER O GIURA BRUNO
        - Baiociano.
        - Batoniano.
        - Calloviano.
      - MALM O GIURA BIANCO
        - Oxfordiano.
        - Coralliano.
        - Kimmeridgiano.
        - Portlandiano o Titonico.
        - Puberchiano.
  - CRETACEO.
    - INFRACRETACEO.
      - Neocomiano (Biancone).
      - Urgoniano.
      - Aptiano.
      - Albiano (gault).
    - CRETACEO P. D.
      - Cenomaniano.
      - Turoniano.
      - Senoniano.
      - Daniano (scaglia).

Cenozoico o terziario	Paleocene	Eocene	*Suessoniano*	Thanetiano. Sparnaziano. Ipresiano.
			Parisiano o nummulitico	Luteziano. Bartoniano. Liguriano.
		Oligocene o Siderolitico		Sestiano. Tongriano. Stampiano. Acquitaniano.
	Neocene	Miocene o molassico		Langhiano. Elveziano. Tortoniano. Messiniano o Zancleano. Sarmatico o formazione gessoso solfifera.
		Pliocene		Piacenziano. Astiano. Villafranchiano o Arnusiano.
Pleistocene moderno o quaternario	*Sahariano*	diluvium. morenico.		
	Terazziano.			

36. **Pieghe e fratture.** — Fino ad ora non ci siamo occupati nella nostra trattazione dei fenomeni dinamici, che interessarono i complessi stratigrafici, ed abbiamo in conseguenza supposto sempre le formazioni stratificate quali si depositarono, e quindi necessariamente concordanti fra loro. Ma se concordanze si verificano, più sovente si osservano però *discordanze* nelle stratificazioni, per cui gli strati non corrono fra loro parallelamente, ed accade soventi osservare che su una serie di strati paralleli, disposta con una certa inclinazione, appoggia un'altra serie di strati pure fra loro paralleli, ma di inclinazione diversa rispetto alla prima.

La ragione della discordanza è semplice ed essa ci spiega l'*episodio geologico* avvenuto tra il deposito di una serie ed il deposito dell'altra serie di strati. — Evidentemente gli strati, per ragioni naturali di cose, si depositarono orizzontalmente: poi, da un fenomeno dinamico, il complesso venne inclinato, mentre su di esso continuò il deposito di altri strati che si mantennero orizzontali. Si ebbe così la discordanza.

Questo caso è il più semplice: sovente i fenomeni dinamici furono più complessi; si ripeterono durante le epoche geologiche, e

la loro interpretazione riesce più difficile. Le discordanze nelle formazioni, che in ultima analisi non sono che l'impronta lasciata da fenomeni dinamici, servono in molti casi per stabilire non solo la natura di tali fenomeni, ma anche l'epoca in cui essi avvennero. Se in una regione si osservano delle discordanze nella stratificazione, e se è nota l'età rispettiva delle formazioni che si presentano discordanti, si potrà facilmente dedurre l'epoca dei movimenti che tali discordanze produssero. Pare, ad esempio, che il sollevamento terziario risulti di due fasi particolarmente attive, di cui la prima coinciderebbe col principio dell'oligocene, e la seconda col periodo elveziano, poichè le formazioni suessoniane e parisiane, fra loro concordanti, posano in discordanza sul tongriano, e le formazioni concordanti acquitaniane ed elveziane riposano in discordanza colle ultime sedimentazioni tortoniane.

Gli elementi essenziali, semplici, di ogni dislocazione sono le *pieghe* e le *fratture*.

37. **Pieghe**. — Mentre per i grandiosi fenomeni di corrugamento, oppure per sprofondamento dei terreni limitrofi, sorsero le catene montuose, si ebbero sovente negli immediati complessi stratigrafici delle compressioni laterali, che originarono deformazioni più o meno accentuate e più o meno regolari negli strati.

Quando gli strati si presentavano sufficentemente plastici, le deformazioni costituirono delle *pieghe*. Naturalmente solo in casi eccezionali (ad esempio in qualche punto dell'Asia Minore) le pieghe sono riconoscibili dalla topografia superficiale, dando origine ad alture ed a valli; dopo la formazione delle pieghe però, nella maggior parte dei casi, si depositarono sulle formazioni piegate altri terreni, e sovente il tutto fu nuovamente sconvolto oppure irregolarmente inciso dalle acque, per cui la topografia della regione nulla rivela delle piegature di strati che si nascondono sotto la superficie.

Se si immagina una sezione normale alla direzione delle pieghe e quindi press'a poco parallela allo sforzo dinamico che le ha generate, possiamo distinguere le *anticlinali* dalle *sinclinali*. Le prime sono costituite dalle *cuspidi*, le seconde dalle *cunette* delle pieghe. Nella fig. 2 a sinistra si distinguono delle pieghe *anticlinali* e *sinclinali*.

Generalmente nelle regioni ondulate da pieghe, le anticlinali e le sinclinali seguono un andamento pressochè parallelo, poichè essendo stata unica la causa che le produsse, se non vi furono azioni perturbatrici, analoghi dovettero sortirne gli effetti. Le an-

ticlinali contemporanee hanno la stessa direzione, e le inclinazioni relative alle due serie di falde sono pressochè costanti. Così nell'Appennino degli ex ducati di Parma e Piacenza, le anticlinali si mostrano press'a poco dirette da NE a SW, e le falde verso Nord sono sempre più ripide di quelle verso Sud, il che indicherebbe una pressione venuta dal Mediterraneo.



Fig. 2.

Talvolta lo sforzo fu così potente che le pieghe si rovesciarono, e la falda oltrepassò la posizione verticale, che segnerebbe il limite del raddrizzamento.

Dalle pieghe rovesciate nacquero sovente delle laminazioni o degli stiramenti degli strati, e talvolta delle rotture con scorrimenti. Si hanno allora i *ricoprimenti*, che invertono la successione originaria degli strati.

Ricorderemo qui che le riproduzioni artificiali delle pieghe ed il loro studio, furono fatti specialmente dal Daubrée e dal Favre.

38. **Fratture.** — I grandiosi fenomeni di contorcimento e di ripiegamento della crosta terrestre sono talvolta accompagnati da soluzioni di continuità negli strati. Le rotture soventi non diedero luogo ad apertura delle sponde; e solo talvolta esse si mantennero *beanti*, oppure furono riempite da materiali franati dalle sponde. — Distingueremo le fratture di origine meccanica da quelle nate per contrazione di roccie, dovuta al raffreddamento, all'essiccamento, oppure a dilatazione. Queste ultime tre categorie di fenditure interessarono solo la massa della roccia in cui si originarono, traendo la causa della natura della roccia stessa: Esse sono dette *entochinetiche*. Fenditure dovute a contrazione si osservano sovente nei basalti e nei graniti: fenditure dovute a disseccamento si verificano nei terreni cretacei ed argillosi; infine fenditure dovute a dilatazione sono note in alcune masse serpentinose, per l'assorbimento di acqua avvenuto durante il fenomeno di serpentinizzazione dell'olivina.

Le fratture nate per effetti meccanici, che interessarono tutte le roccie della regione situate nella direzione della rottura, diconsi

esochinetiche; esse talvolta sono dovute ai piegamenti subiti dagli strati in seguito a compressioni o tensioni. Queste fratture, nate sempre sotto l'azione di sforzi grandiosi, interessarono sovente ampie regioni: non costituiscono quindi fenomeni isolati e ad ognuna di esse fanno sovente corteo delle altre, le quali, avendo origine da uno stesso fenomeno, presentano tra loro evidenti correlazioni di direzione e di inclinazione. Esse formano quindi dei *sistemi coniugati di fratture* che hanno per caratteristica un costante, grossolano, parallelismo di direzione e di inclinazione. Il Daubrée, che pel primo fece esperienze relative alla riproduzione artificiale delle fratture terrestri, comprimendo dei prismi, osservò la formazione di fratture principali oblique rispetto alla direzione della compressione, accompagnate da altre minori, sensibilmente parallele alle prime e da altre invece normali.

Altre ricerche furono condotte dal Daubrée sottoponendo a sforzi di torsione delle lastre di vetro, ecc. Il Becker, il Lossen e altri fecero ricerche analoghe, ottenendo dei *sistemi di rotture* che riproducono con sufficiente approssimazione campi o sistemi di fratture ben noti in alcune regioni minerarie. Specialmente è per noi utile notare il parallelismo e l'ortogonalità delle fessure contemporanee, determinate da una stessa risultante dinamica.

39. Le *faglie* o *rigetti* sono fenditure nelle quali si è verificato lo scorrimento di una parete della fenditura per rispetto l'altra: Questo scorrimento non sempre avvenne secondo la linea di maggior pendenza del piano della frattura.

La *grandezza* del rigetto è data dalla distanza alla quale vengono a trovarsi due porzioni di uno stesso strato dopo che è stato tagliato dal rigetto, misurata tale distanza sul piano del rigetto stesso. La superficie secondo la quale si ebbe lo scorrimento, presenta soventi delle specchiature o lucidature talvolta ammirevoli. La faglia generalmente è riempita di breccie di frizione, le quali, se argillose, sono sovente laminate.

I rigetti possono essere di qualche centimetro come di più metri di potenza. La faglia detta di Sereing, nel Belgio, che sposta gli strati carboniferi, abbassandoli verso mezzogiorno di 250 metri misurati verticalmente, ha circa 10 metri di potenza.

Una stessa regione può aver subito più rigetti indipendenti: talvolta si presentano serie di rigetti paralleli (1) per direzione ed inclinazione, dovuti probabilmente ad uno stesso sforzo dinamico, interessati da altre serie di rigetti (2, 3) di diversa inclinazione e direzione, come è rappresentato nella fig. 3.

40. I movimenti che si produssero nei rigetti sono generalmente tutt'altro che semplici e raramente rettilinei, avendo agito sforzi di tensione, di compressione, di torsione, ecc.: Le striature complicate che talvolta si osservano sulle pareti dei rigetti e le deformazioni a superfici curve di alcuni elementi plastici che si sono

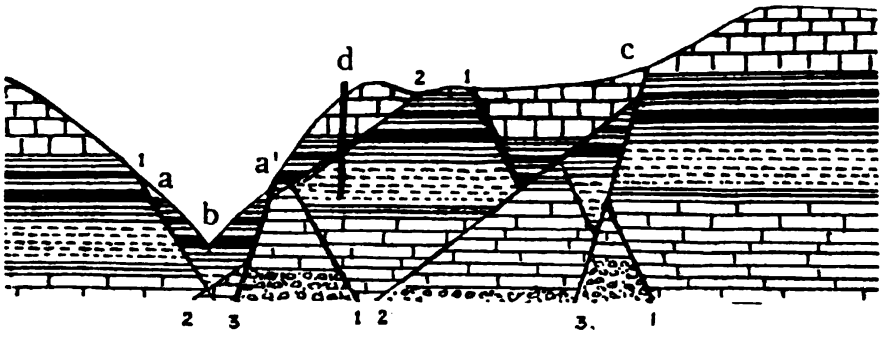


Fig. 3.

ritrovati nelle breccie di frizione dei rigetti, ne fanno fede. Ne segue che anche le striature rettilinee, che talvolta si osservano sulle pareti dei rigetti, devono essere interpretate con molta riserva, non dando in generale alcun sicuro indizio nè della direzione, nè della lunghezza del movimento.

Il problema di determinare la direzione del rigetto ha per noi molta importanza: Può, infatti, il rigetto aver spostato uno strato od una massa di materia utile, che conviene rintracciare.

Quando le stratificazioni dei terreni interessati dal rigetto sono molto regolari e relativamente plastiche, si possono osservare sulle sponde del rigetto delle incurvature degli strati che rivelano la direzione del movimento (fig. 4): in tal caso la direzione del rigetto è evidente.

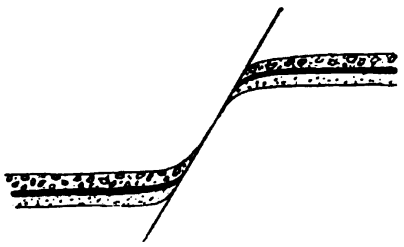


Fig. 4.

Talvolta può avere qualche valore l'esperimento di Hôfer, di passare, cioè, il palmo della mano sopra un certo tratto delle superfici di scorrimento: se esse in una direzione si presentano liscie mentre in senso opposto danno l'impressione di asperità, il movimento relativo della superficie opposta, che produsse la levigazione, avvenne nella direzione secondo cui la mano riceve l'impressione

della superficie liscia. Ricordiamo però che in generale le striature sulle pareti non dànno indicazioni sicure.

Più attendibili sono le osservazioni del materiale di riempimento del rigetto, se esso contiene degli elementi di formazioni la cui posizione, per rispetto al piano della faglia, è nota. Così ad esempio se una faglia ha interessato uno strato di minerale di ferro e se nella breccia di frizione si trovano dei frammenti di minerale, si è nella direzione del movimento. Evidentemente nella direzione opposta detti elementi non si potrebbero rintracciare.

41. Se si conosce la posizione relativa delle due porzioni di uno strato rigettato da una faglia, il problema è risoluto perchè anche gli strati adiacenti hanno subito lo stesso movimento.

In molti casi però tutti questi criteri falliscono per mancanza di elementi su cui appoggiare le osservazioni. Si procede allora per induzioni. Il parallelismo della faglia ignota con altre faglie della regione di direzione conosciuta, permette di risolvere, con probabilità di successo il problema, per analogia, per quanto già si disse sul parallelismo dei sistemi di faglie.

Se la faglia è unica e se ogni fondata induzione viene a mancare, non v'ha altra via che affidarsi a qualcuna di quelle regole empiriche che furono proposte dai minatori, ai quali la conoscenza delle faglie sopratutto interessava per continuare la coltivazione dei giacimenti dalle faglie stesse troncati e spostati.

Ricordiamo che quando la porzione del terreno diviso, che appoggia sul piano di rottura, si abbassò relativamente all'altra porzione, scorrendo sul piano della rottura, si originò una *faglia normale;* mentre invece se la stessa porzione del terreno diviso, sempre appoggiando sul piano di scorrimento, si sollevò rispetto alla rimanente parte, si ebbe una *faglia anormale* o di ricoprimento.

Le prime sono frequenti nelle regioni che subirono sforzi di tensione, e che quindi si trovano piuttosto distanti dalle catene di sollevamento; ai cui lati immediati si osservano invece di preferenza le faglie anormali, con andamento sovente quasi orizzontale.

Nelle regioni minerarie si presentano in generale delle faglie normali: la distinzione in faglie normali ed anormali rispecchia precisamente ciò che si è osservato nelle regioni minerarie classiche, ove, per motivi cui accenneremo, si formarono le faglie per scorrimento in discesa a preferenza di quelle di ricoprimento.

Una regola per determinare la direzione della faglia è la seguente, data da Schmid e Zimmermann:

Se consideriamo lo strato e la faglia inclinati e costituiti ognuno da due piani paralleli e se si distinguono col nome di *tetto* il piano superiore, o che sta sopra, dello strato o della faglia, e col nome di *muro* quello inferiore, o che sta sotto, quando col lavoro sotterraneo, che segue lo strato di minerale, si incontra il tetto della faglia (ed il tetto od il muro della faglia sono sempre distinguibili, nota la posizione della faglia), la continuazione del giacimento si deve ricercare con un lavoro al tetto dello strato, mentre se si incontra il muro, il lavoro di ricerca deve condursi al muro dello strato. « Faglia al tetto dello strato, minerale a tetto, faglia al muro dello strato, minerale al muro ».

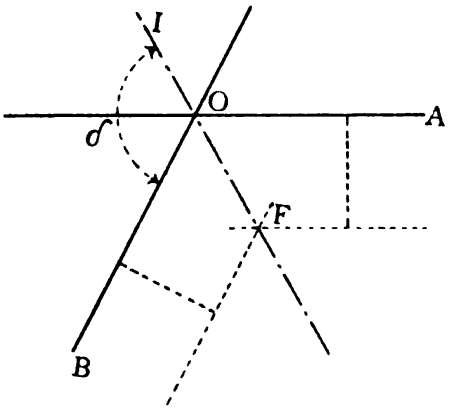


Fig. 5.

La stessa regola, sempre valevole solo per i rigetti normali, è talvolta detta dell'*angolo ottuso*.

Supponiamo di aver seguito con lavori orizzontali uno strato inclinato, che scompare all'incontro di una faglia. Coll'osservazione noi possiamo determinare le direzioni α e β, e le inclinazioni γ e δ dello strato e della faglia, riducendoli a due piani: riesce allora facile determinare la loro intersezione. Le rette OA, OB (fig) 5) rappresentino rispettivamente le traccie dei due piani dello strato e della faglia sopra un piano orizzontale: su due normali a dette traccie portiamo due segmenti eguali ai cos γ e cos δ: e dagli estremi di tali segmenti conduciamo le due parallele alle rette OA, OB. L'intersezione F unita con O dà la proiezione dell'intersezione dei piani dello strato e della faglia.

Orbene lo strato rigettato si trova dalla parte della traccia OB della faglia, nell'angolo ottuso δ formato da essa e dal prolungamento OI della retta OF d'intersezione.

42. Ora che abbiamo visto quali sono i due elementi principali delle dislocazioni degli strati, esaminiamo alcune delle particolari circostanze in cui si presentano.

Abbiamo già accennato che le pieghe rovesciate degli strati producono talvolta degli stiramenti: essi possono quindi simulare delle faglie anormali. Talora lo stiramento produsse anche la rottura con spostamento di una falda della piega per rispetto l'altra, ed allora si ha una vera faglia anormale.

Una piega rovesciata, se non è conosciuta, può indurre in errore sul numero di strati che racchiude una regione: Supponiamo infatti (fig. 6) una di tali pieghe: un pozzo può incontrare evidentemente due volte lo stesso strato. Una faglia anomale può far cadere nello stesso errore.

Errori della stessa specie possono originare i sistemi di faglie: esaminando infatti gli strati che affiorano nella vallecola *a b a'* fig. 3 si può credere che due strati si presentino sulle falde, mentre in realtà non esiste che un solo strato rigettato due volte. — Le faglie possono indurre, se non conosciute, in altri errori: uno comune è ad esempio di valutare lo spessore di una formazione assai più della sua potenza reale. La fig. 3 ci mostra infatti alla superficie una formazione C assai più potente di quello che non è in realtà, per la esistenza delle faglie 2, 3, ecc.

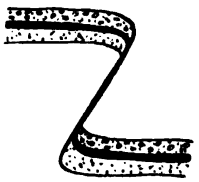


Fig. 6.

Riguardo all'età relativa delle formazioni, le dislocazioni possono pure condurre ad apprezzamenti errati. Così nella figura che rappresenta la sezione del ben noto giacimento di rame Rammelsberg, presso Goslar, nell'Harz, i terreni sovrapposti al minerale non sono i più giovani; l'esame infatti dei fossili che racchiudono, mostra che le formazioni superiori appartengono al devoniano inferiore, mentre le inferiori sono del devoniano medio: Evidentemente una dislocazione ha invertito la primitiva posizione delle due formazioni.

Il principio che ogni formazione è più giovane di quelle che ricopre, vale quindi nei soli casi in cui non vi furono dislocazioni che mutarono le condizioni naturali dei depositi. Il principio della sovrapposizione è di sicura applicazione solamente nelle regioni punto sconvolte: È evidente allora che se si cercano, ad es., formazioni eoceniche con un pozzo, se esso incontra delle formazioni giurassiche non v'ha alcuna speranza che, approfondandolo, si possano inferiormente rintracciare le formazioni eoceniche: In quel punto si potrà con sicurezza dire che mancano le formazioni eoceniche. Considerazioni analoghe si possono moltiplicare.

43. Interessa soventi determinare l'*età delle dislocazioni*. Il principio che serve di guida in queste ricerche è assai semplice nella sua esposizione: Ogni dislocazione è più recente degli strati che ha interessato. Ne deriva, come naturale conseguenza, che le roccie più antiche di una regione avranno riassunto tutti i fenomeni dinamici che essa ha subito. La determinazione dell'età delle di-

slocazioni sarà quindi più o meno precisa a seconda della varietà di formazioni (intesa per rispetto all'età) che presenta la regione. È evidente infatti, che se le fratture si presentano in una regione costituita solamente da date formazioni antiche, la loro età è presso a poco indeterminabile, poichè esse poterono avvenire in qualunque epoca posteriore a quella in cui le formazioni interessate si depositarono. Se, viceversa, vi sono fratture che attraversarono, ad esempio, il cretaceo e non l'eocene, possiamo affermare con probabilità di essere nel vero, che il fenomeno dinamico avvenne al principio dell'era terziaria. Non si può però fare un'affermazione sicura, perchè alcune formazioni, pur esistendo all'epoca della dislocazione, può darsi che non si siano prestate ad essere attraversate dalle fratture.

Quando mancano nella determinazione dell'età delle fratture i riferimenti stratigrafici, possono soccorrere alcune induzioni, e fra tutte quelle derivanti dalla vicinanza di catene montagnose sono particolarmente importanti. Si possono ascrivere ai grandiosi fenomeni orogenetici numerose dislocazioni che si osservano anche a distanze rilevanti dalle zone dei grandi sollevamenti attuali, o degli antichi, ancorchè questi ultimi in parte od in tutto siano scomparsi come rilievi del suolo.

44. La geologia ha messo in luce che si ebbero parecchi sollevamenti nelle epoche geologiche. Essi sono distinti con nomi speciali.

L'Imalaia, la catena Caucasica, i Carpazi, l'Apennino sono catene di epoca relativamente recente e post'eocenica: gli strati miocenici sono, infatti, sconvolti e le degradazioni e le denudazioni delle masse montagnose poco sensibili. Questo sollevamento, che portò anche la catena alpina alla sua definitiva altezza, prende il nome di *alpino*. Alla fine del cretaceo erano sorte invece le montagne Rocciose, le Ande, i Pirenei, a costituire quel sistema di sollevamenti che si dice *pirenaico*. Siccome poi gli strati del permiano e del carbonifero superiore posano senza grandi dislocazioni sulle formazioni del carbonifero inferiore e del devoniano, fortemente sconvolte e dislocate, così si ascrive a queste epoche un forte corrugamento che in Europa interessò l'altipiano centrale della Francia e attraverso i Vosgi si diresse fino in Boemia, originando catene montuose state poscia quasi interamente distrutte durante l'era secondaria: Questo sollevamento si dice *erciniano*.

Nella Norvegia ed in Russia si osservano invece il devoniano, in più punti rappresentato da conglomerati di roccie siluriane, e

nella Scozia il gneiss arcaico, ribaltati sopra il siluriano: si indusse quindi l'esistenza di un antico sollevamento fra il siluriano e il devoniano a cui si diede il nome di *caledoniano*.

Infine nell'alta Scozia, in Norvegia, in Finlandia, nella baia d'Huron, si osservano conglomerati formati di roccie arcaiche e precambriane, posati sopra strati precambriani e cambriani che si trovano in discordanza coi terreni arcaici. Una catena montuosa doveva quindi esistere all'epoca cambriana in quelle contrade ed a tale sollevamento si dà il nome di *uroniano*.

Come si vede una successione di catene montuose si disegnò dal polo verso l'equatore nei successivi periodi geologici. Queste catene, dovute al corrugamento della superficie terrestre avvenuto per la contrazione della crosta solida, non apparirono d'un tratto ma bensì per una serie di contrazioni successive: quelle che elevarono definitivamente le catene, definirono l'età geologica del sollevamento.

In mancanza quindi di dati positivi per determinare l'età di una dislocazione, si può riferirla alle dislocazioni più vicine, d'età nota, se esse sono in relazione ai grandi sollevamenti. Criterio in questo caso assai utile è quello del parallelismo delle dislocazioni che si raffrontano tra loro, benchè naturalmente riesca nei singoli casi e di per sè solo, poco sicuro.

45. *Determinazione geometrica degli strati, delle pieghe e delle faglie.* — In uno strato si distingue la *potenza*, la *direzione* e la *inclinazione* dello strato.

La potenza di uno strato è misurata dal tratto normale alla stratificazione compreso nello strato che si considera: si esprime in metri od in frazione di metri. Così, ad esempio: uno strato ha 0.50 di potenza.

La direzione di uno strato è segnata dall'intersezione del piano dello strato, o di un piano ad esso parallelo, col piano orizzontale: in altre parole è la direzione di uno strato data da un'orizzontale condotta nel piano dello strato che si considera (fig. 7): si esprime riferendo tale orizzontale ai punti cardinali: così, ad esempio, uno strato diretto a Nord-Est.

L'inclinazione di uno strato è misurata dall'angolo diedro che il piano dello strato forma con un piano orizzontale (fig. 8), e per fissare la posizione dello strato nello spazio, si indica il *senso della pendenza*, riferendolo ai punti cardinali. Così ad esempio uno strato inclinato di 45°, pendente a Sud-Est. La fig. 9 indica come si distinguono le pendenze di uno strato.

Riunendo assieme queste tre indicazioni si definisce evidentemente lo strato nello spazio. Così uno strato di 50 centimetri di potenza, diretto a Nord Est e inclinato di 45° verso Sud Est è perfettamente determinato di grandezza e di posizione.

Se si suppone che un dato strato sia scoperchiato dai terreni che eventualmente possono ricoprirlo, la pioggia ne bagnerà una parte: si dice questa parte *tetto* mentre l'altra parte dello strato si chiama *muro, letto, o riposo.* Le formazioni che coprono lo strato si dirà quindi che sono a *tetto* dello strato, mentre quelle sulle quali lo strato riposa, saranno *al muro* al *letto* od al *riposo.*

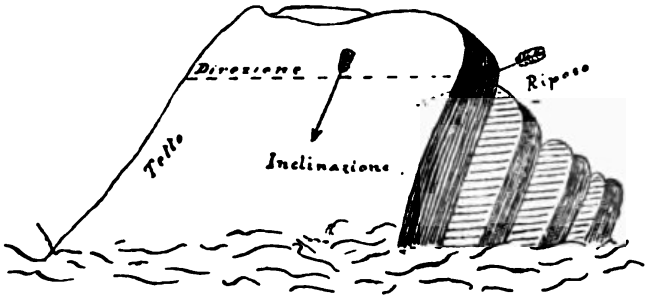


Fig. 7.

Evidentemente, la distinzione di tetto e muro o riposo cessa quando lo strato è raddrizzato verticalmente. Se lo strato fu rovesciato, sussisterà sempre la distinzione di tetto e di muro, ma naturalmente, per rispetto all'origine dello strato, si tratterà di un falso muro e di un falso tetto. Siccome nelle formazioni stratificate gli strati al letto di un dato strato sono più antichi dello strato stesso, mentre quelli del tetto sono più recenti, se vi fu rovesciamento, le formazioni che si presentano a letto saranno più giovani di quelle del tetto, contrariamente alla regola: Ciò appunto, come si disse, si verifica ad esempio a Rammelsberg.

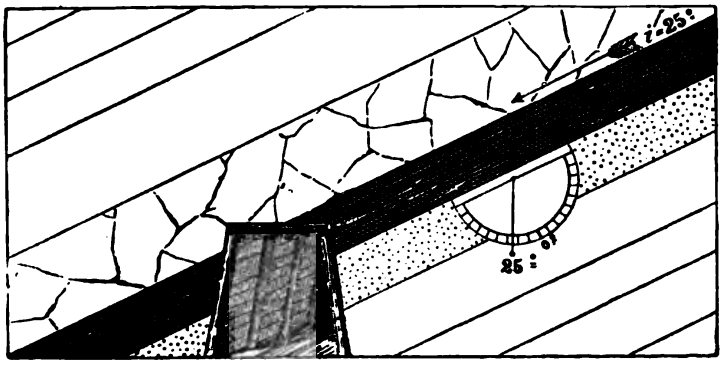


Fig. 8.

Le pieghe si individuano precisando, al solito modo, la direzione degli anticlinali o delle sinclinali e dando la pendenza delle falde. Sul terreno, la prima determinazione si compirà cercando fra le ondulazioni i tratti a stratificazione orizzontale: essi rappresenteranno dei tratti anticlinali o dei tratti sinclinali: la direzione delle striscie a stratificazione orizzontale darà quindi la direzione dell'anticlinale o della sinclinale, ossia della piega.

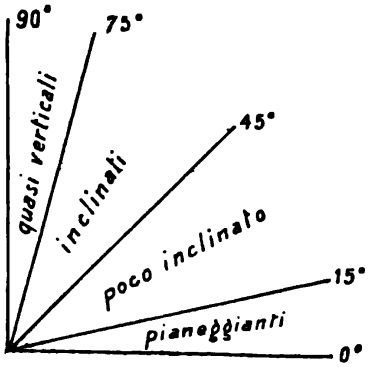


Fig. 9.

Le faglie si definiscono dando la direzione e l'inclinazione del loro piano: in esse pure si distingue il tetto dal letto, come negli strati. Dicesi *sguardo della faglia* il verso secondo il quale sarebbe rimasta la faglia scoperta per lo scorrimento di una delle sue sponde, qualora fosse stata osservata alla superficie del suolo.

Dicesi infine *misura della faglia* o del rigetto, la lunghezza dello scorrimento subito da una delle pareti della *faglia* per rispetto all'altra.

Tutte le determinazioni della direzione ed inclinazione degli strati, delle pieghe o dei rigetti, si compiono colla *bussola del minatore*, qualora, ben inteso, si possa appoggiarla in punti convenienti dello strato, della piega o della faglia.

46. La bussola del minatore consiste in una solita bussola graduata, del diametro ordinariamente di 5 ÷ 10 centimetri. Essa porta sul fondo della scatola segnato il quadrante e la graduazione relativa.

La graduazione però è inversa, e cioè procede da destra verso sinistra, e così pure la rosa dei venti è invertita e cioè a destra della linea Nord-Sud è segnato l'Ovest ed a sinistra l'Est (fig. 10).

Quando si vuole determinare, per esempio, la direzione di uno strato, questa viene individuata disponendo orizzontalmente sullo strato un regolo di legno *FF* poscia si dispone il quadrante della bussola in modo che la linea N S corra parallelamente al regolo: si legge allora direttamente l'angolo *D* che segna l'ago e questo ci indica l'angolo vero che il regolo forma col meridiano magnetico. Basterà infatti nella figura 10 considerare che gli angoli *D*, *D'* sono eguali fra loro.

Qualora la bussola non portasse segnata la graduazione inversa, sarà necessario di invertire ogni volta il valore delle letture.

La stessa bussola serve anche per determinarè l'inclinazione degli strati, perchè porta un leggero archipenzolo o pendolino, infilato sul pernio che sostiene l'ago magnetico.

Disponendo il piano della bussola verticalmente, il pendolino obbedisce alla gravità e segna la verticale. Alla parte esterna della bussola esiste una linea di fede (che si può individuare, ad esempio, con un piccolo piede P che quando non serve si ecclissa

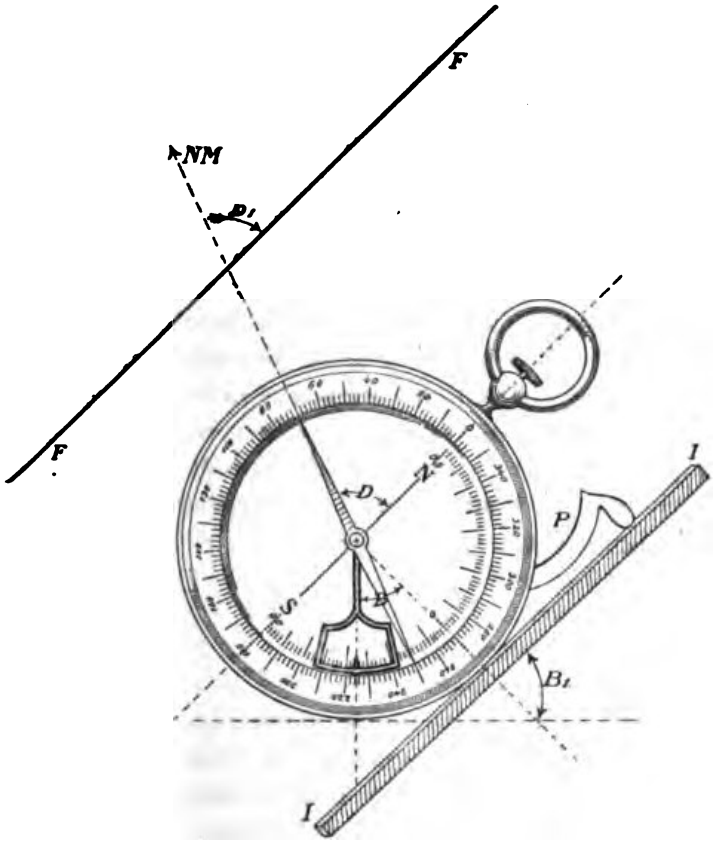


Fig. 10.

nella scattola), la quale linea è normale alla linea N.S. del quadrante della bussola. È evidente che disponendo la linea di fede della bussola sulla linea $I\,I$ di maggior inclinazione dello strato, il pendolino segnerà in gradi sulla graduazione propria la pendenza dello strato stesso. Anche qui basterà osservare nella figura l'eguaglianza degli angoli B e B'.

Infine si accenna che, mancando le carte topografiche a curve orizzontali della regione, ed occorrendo accompagnare le determi-

nazioni dianzi dette con rilievi, serve egregiamente la tavoletta portatile di A. Monticolo, particolarmente indicata per i rapidi rilievi topo-geologici.

Geogonia.

47. I materiali utili che si trovano sparsi nelle formazioni terrestri, talvolta hanno la stessa origine delle formazioni che li racchiudono, od origine analoga, altravolta hanno invece origine diversa. Così uno strato di carbone ha origine analoga a quella degli schisti che lo comprendono, mentre un filone eruttivo di diorite, può ad esempio avere attraversato una formazione sedimentaria.

Nel primo caso il giacimento di materia utile è in concordanza colle formazioni che lo racchiudono; nel secondo caso non esisterà in generale alcuna relazione di posizione tra le due formazioni.

I giacimenti di materiali utili hanno, del resto, le medesime origini delle altre formazioni terrestri, e in molti casi, per la loro estensione, costituiscono essi stessi delle vere formazioni. Così, ad esempio, parecchi marmi, molti giacimenti di sale, ecc.

I giacimenti di sostanze utili si possono quindi distinguere secondo l'origine e come le roccie, in:

a) eruttivi o ignei,
b) sedimentari,
c) d'origine idrochimica,
d) » organica.

Fino ad un certo punto questa distinzione genetica può rispecchiare anche la forma dei giacimenti. Così i giacimenti eruttivi costituiranno massicci o dicchi più o meno importanti, oppure masse allineate come banchi, oppure colate, ecc. Quelli sedimentari offriranno invece la forma di strati più o meno estesi, più o meno raddrizzati e sconvolti, secondo i fenomeni dinamici che interessarono la contrada; quelli di origine idrochimica e organica mostreranno l'aspetto di strati, di banchi o di lenti, oppure costituiranno riempimenti di fratture o di caverne a seconda della loro particolare origine.

Nel nostro studio considereremo separatamente i giacimenti *metalliferi* ed i giacimenti *non metalliferi*, essendo assai diversa l'importanza delle due categorie di depositi, sia dal punto di vista scientifico, come da quello industriale; sebbene sotto l'aspetto in-

dustriale si abbiano per esempio i giacimenti di carboni fossili e di petroli, della seconda categoria, i quali hanno assolutamente una importanza di primo ordine.

Giacimenti metalliferi.

48. La geologia ebbe per culla le miniere, ma poi, fattasi scienza, le disertò per lunghi anni, perchè i grandiosi fenomeni naturali del mondo inorganico, che avevano carattere generale, attrassero esclusivamente l'attenzione degli studiosi. Solo da un ventennio gli studi petrografici, precisando col sussidio potente del microscopio l'intima natura delle roccie ignee, portarono nuova luce sul complesso problema delle *differenziazioni magmatiche*, le quali furono così oggetto di nuove indagini. E dai processi di differenziazione dei magma si passò facilmente alle *segregazioni* metallifere, e da queste allo studio della genesi di molti giacimenti di minerali. Questo studio che in passato era affatto incerto ed oscuro, assunse ora attraenti forme scientifiche, ed una coorte di studiosi si spinse nel nuovo campo inesplorato, raccogliendo le numerose osservazioni compiute nelle miniere; i fatti così raccolti, coordinati e spiegati dai geologi, completati talvolta dai mineralogisti e controllati sovente dai chimici, costituiscono quel grande lavoro analitico che generò le moderne sintesi, riassunte nelle classificazioni *genetiche* proposte pei giacimenti metalliferi.

Ma siccome la genesi di molti giacimenti è ancora oggi assai vaga, è naturale che tutte le classificazioni risentano di tale incertezza e nessuna sia pienamente soddisfacente.

I criteri fondamentali, sui quali poggiano le classificazioni dei giacimenti metalliferi, sono tre: Il primo e più antico, considera la sola forma geologica del giacimento minerario; il secondo considera la sua natura mineralogica; il terzo si riferisce invece all'origine o genesi del giacimento.

Quest'ultimo criterio è il più moderno, il più comprensivo ed il più pratico. Infatti, se gli è vero che giacimenti geneticamente analoghi non sono sempre morfologicamente simili, non v'ha dubbio però che la morfologia del giacimento dipende dalla sua genesi, e siccome questa ha radici nelle condizioni che presiedettero alla formazione del giacimento, così la natura genetica del giacimento stesso si riflette, oltre che nella forma, anche nella composizione e cioè nella sua natura mineralogica. Ond'è che se le conoscenze

intorno ai giacimenti fossero complete, e la classificazione genetica rappresentasse il vero in tutte le sue proposizioni, risulterebbe facile stabilire le relazioni reciproche tra essa e le altre classificazioni, ed il passaggio dell'una alle altre.

La classificazione genetica dei giacimenti non ha solo importanza speculativa, ma è anche pel minatore assai utile, perchè, come si disse, meglio di ogni altra permette di indurre la natura e la posizione del giacimento, o delle sue parti più produttive, nelle formazioni che lo racchiudono. Ed è precisamente la conoscenza, od almeno l'induzione di queste caratteristiche fisiche del giacimento, che ne permette al minatore, dapprima la razionale esplorazione ed in seguito la ben intesa coltivazione. E anche poche considerazioni relative alle condizioni che presiedettero la formazione dei giacimenti, possono soventi dare valido ausilio al ricercatore, suggerendogli una direzione per le indagini, le quali, condotte non a caso, rendono logica la possibilità di successo.

Accenneremo ora alle principali classificazioni date pei giacimenti metalliferi, rimandando il lettore per una più ampia trattazione al lavoro del Kemp, che riassume appunto le classificazioni che furono proposte fino a pochi anni fa dai vari autori.

49. La classificazione del Prof. Beck si informa, nelle sue principali divisioni, a considerazioni esclusivamente genetiche: nelle suddivisioni tien conto dei caratteri morfologici e mineralogici dei giacimenti, giacchè i soli criteri genetici sarebbero insufficenti alla classificazione.

Ecco come il Beck classifica i giacimenti:

- Giacimenti
  - primari od *in situ*
    - Singenetici (nati contemporaneam. alle formazioni che li comprendono)
      - nati per segregazione magmatica
      - formatisi come roccie sedimentarie
    - Epigenetici (nati posteriormente alle form. che li comprend.)
      - filoniani
      - non filoniani
  - secondari o di trasp.
    - giacimenti detritici antichi
    - alluvioni

Giacimenti primari. — Appartengono ai giacimenti d'origine magmatica, nati cioè da un magma eruttivo che conteneva i me-

talli, i depositi di magnetite di Wysso-Kaya-Goro e di Loussawaara e di molte altre contrade; quelli di ferro-cromo, parecchi di cassiterite; le pirrotine nichilifere; il giacimento di rame di Montecatini, ecc.

Costituiscono invece giacimenti singenetici, analoghi a roccie sedimentarie, molti depositi di minerali di ferro (Gyalar, Krivoi-Rog, il minerale detto Black-bande), le minettes del Lussemburgo, i depositi di ferro di Lombardia), quelli di manganese del Caucaso ed alcuni giacimenti auriferi stratificati: tutti questi giacimenti si presentano stratiformi.

I giacimenti filoniani comprendono riempimenti di fenditure sia con minerali ossidati (di ferro, manganese e stagno), sia, come più soventi accade, con solfuri metallici.

A seconda dei caratteri chimici delle associazioni dei minerali, le quali nei filoni si presentano in certo qual modo costanti, i giacimenti filoniani sono distinti dal Beck:

in filoni della formazione dei minerali di rame
» » » » piombosa argentifera
» » » » argentifera nobile
» » » » aurifera
» » » » dei minerali di antimonio
» » » » » » » cobalto e bismuto
» » » » » » » mercurio

Ogni categoria si precisa in diversi tipi; così, per esempio, i filoni della *formazione piombosa argentifera* sono:

a) filoni della formazione piombosa-piritosa
b) » » » » a carbonati spatici
c) » » » » baritica

quelli della formazione argentifera:

a) filoni della formazione quarzosa
b) » » » a calcare spatico
c) » » » cupro argentifera nobile
d) » » » cobalto » »

I giacimenti *epigenetici non filoniani* costituiscono una categoria molto ampia e varia: essa abbraccia gli *strati di minerali epigenetici*, che si suppongono nati per impregnazioni di roccie

non calcaree; quelli dovuti a sostituzione molecolare di elementi metalliferi ad elementi calcarei e che costituiscono degli ***ammassi epigenetici***, ed infine i giacimenti prodotti per ***metamorfismo*** di ***contatto*** all' interno di roccie sedimentarie, pel contatto di roccie eruttive. Questa categoria di giacimenti è evidentemente alquanto vaga. Fra gli ammassi stratificati di minerali epigenetici trovano posto specialmente quei giacimenti metalliferi, sovente complessi, mescolanze d'ossidi e di solfuri, compresi fra schisti micacei o gneissici, e che sembrano roccie metamorfizzate per contatto. Sono compresi in questa categoria ad esempio i giacimenti di blenda di Ammeberg in Svezia, quelli di Broken Hill in Australia, i giacimenti di pirite di Falun pure in Svezia; gli ammassi stratificati di pirite di Rammelsberg, di Rio Tinto, d'Agordo; gli strati cupriferi di Perm in Russia, di Corocoro in Bolivia, di Boleo in California, i minerali di piombo di Commer, ecc.

Ma per molti di questi giacimenti si ammette da autori che la mineralizzazione non sia avvenuta per causa di soluzioni che penetrarono in sedimenti preesistenti, ma sia stata il risultato di semplici precipitazioni sul fondo di mari o in bacini, di elementi metalliferi commisti a sostanze litoidi: in tal caso i giacimenti anzichè epigenetici, apparterrebbero alla seconda classe dei giacimenti singenetici già vista.

Gli ammassi epigenetici di minerali (masse, colonne, ecc.) che sono nati per sostituzione, e cioè per ***processo metasomatico***, sono in relazione ai calcari, pur non essendo sempre i minerali che li costituiscono allo stato di carbonato.

Appartengono a questa categoria numerosi giacimenti di ferro e manganese, qualcuno di rame, i depositi di piombo e di zinco del Laurion in Grecia, di Monteponi in Sardegna; tutti i giacimenti di calamina, alcuni di piombo e di antimonio, fra cui i giacimenti d'antimonio di Toscana e di Sardegna.

Infine i giacimenti prodotti per metamorfismo di contatto sono distinguibili essenzialmente per la loro composizione mineralogica, e cioè per le specie che possono contenere, che sono proprie del metamorfismo di contatto. Fra i numerosi giacimenti appartenenti a questa divisione, pure alquanto incerta, si comprendono quelli di Traversella e di Brosso in Piemonte, dell'isola d'Elba, di Campiglia, di Sala in Svezia ecc.

Giacimenti secondari. — I giacimenti detritici antichi sono quasi esclusivamente costituiti di minerali di ferro e di oro, depositatisi nel paleozoico e nel mesozoico.

Le alluvioni comprendono invece giacimenti detritici assai più numerosi, di ferro, di stagno, d'oro, di platino, dell'epoca terziaria.

50. L'Ing. Lotti ha proposto una classificazione dei giacimenti metalliferi nella quale egli particolarmente ripartisce tutti i giacimenti italiani, e che quindi per noi ha particolare interesse. Egli distingue i giacimenti in *primitivi* e *derivati* a seconda che si sono formati, per così dire, nella roccia madre metallifera o all'infuori di essa.

I giacimenti primitivi si dividono in giacimenti nati per *concentrazione magmatica*, e giacimenti di *estrazione magmatica*. I primi sono ripartiti in due classi, secondo che la roccia madre è basica o acida, ed i secondi pure in due classi a seconda che il giacimento si trova *nella zona di contatto* o fuori di essa, e quindi non in immediata relazione colla roccia eruttiva madre. Per entrambe queste ultime divisioni sono contemplate delle suddivisioni relative al grado di acidità della roccia madre.

I giacimenti derivati, nati dai giacimenti primitivi per trasporto chimico o meccanico di minerali in altra sede, si distinguono in *ipogei* ed *epigei:* I giacimenti ipogei sono dovuti ad azioni idrochimiche e comprendono quindi i giacimenti di sostituzione o metasomatici, quelli concrezionati, come i filoni, di impregnazione, di riempimento di cavità, ecc.

I giacimenti epigei o superficiali, sono dovuti ad azioni secondarie, chimiche o meccaniche, e nel primo caso si hanno i sedimenti dovuti a precipitazioni chimiche, nel secondo le alluvioni metallifere.

Nello specchio dato alla pagina seguente trovasi riassunta la classificazione dei giacimenti metalliferi stata proposta dall'ingegner Lotti, accompagnata da parecchi esempi illustrativi che furono tratti dalle principali miniere italiane.

Esempi:

Giacimenti metalliferi	Primitivi	Giacimenti di segregazione e concentrazione magmatica	In roccie basiche	minerali nativi - giacimenti di rame di Pari (Grosseto)
				minerali ossidati - giacimenti di magnetite di Cogne (Val d'Aosta)
				solfuri - di rame del Beth (Pinerolo), di Montecatini; di pirite nichelifera della Valsesia — di pirite di Gallinaria ecc., (Liguria).
			In roccie acide	minerali nativi
				» ossidi
				solfuri - pirite di Gavorrano
		Giacimenti di estrazione magmatica	nella zona di contatto	da roccie basiche
				da roccie di media acidità - piriti di Brosso e di Traversella
				da roccie acide - piombo, zinco, argento di Sardegna - piriti Tolfa - ferro dell'Elba - filoni di Massa Marittima
			fuori della zona magmatica	antimonio e cinabro del Monte Amiata
	Derivati	Giacimenti ipogei		ferrostanniferi: Campiglia - ferromanganesiferi: Monte Argentaro - Masse calaminari di Sardegna e Massa Marittima - cupriferi: Vagli (Toscana)
		Giacimenti epigei		d'origine chimica — Siderite di Val Trompia - manganese di Rapolano - rame di Stribugliano - bauxite di Lecce, Marsi.
				d'origine meccanica — Mercurio di S. Abbadia, S. Salvatore e Saturnina (Toscana) - alluvioni aurifere del Po, della Dora Baltea, Sesia, ecc.

51. Analoga a quella del Beck è la classificazione adottata per tutti i giacimenti dal prof. Bergeat: giacchè in tutte e due le classificazioni si tenne conto delle divisioni antecedentemente stabilite dal Prof. Stelzner di Freiberg.

Il Bergeat distingue i giacimenti in *protogeni* o di prima formazione, e *deuterogeni.*

Sono deuterogeni quei giacimenti in cui il minerale dei depositi protogeniti, per azioni chimiche o meccaniche, subì alterazioni, o concentrazioni, o migrazioni.

I giacimenti protogeni sono distinti in *singenetici* ed *epigenetici*.

I depositi *singenetici*, che sono quelli formatesi contemporaneamente alle roccie che incassano il giacimento, si distinguono a seconda che trovansi in *roccie eruttive* od in *roccie sedimentarie*.

I depositi *epigenetici* non sono contemporanei alle roccie che li racchiudono, ma bensì posteriori, e poterono nascere per *riempimento* di spaccature, di grotte o di vacuoli di formazioni porose, oppure per processi chimici di sostituzione delle roccie incassanti, e cioè, come già si disse, per *metasomatosi*.

Appartengono alla categoria di depositi *deuterogeni* quelli i cui minerali subirono posteriormente alla primitiva deposizione (giacimenti protogeni) uno spostamento, che li addusse a costituire nuovi depositi. Questo spostamento fu sovente chimico ed accompagnato da concentrazioni assai favorevoli per dar luogo a giacimenti d'interesse minerario.

Si ebbero così colle migrazioni e concentrazioni delle particelle minerali anche sovente delle trasformazioni chimiche. I nuovi giacimenti che così nacquero si dicono *metatetici*, e per dare un esempio citeremo la *terra rossa* di molte montagne calcari, nata dal calcare stesso per chimica decomposizione e riunitasi per piccolo spostamento dalla sede primordiale.

Questi giacimenti metatetici diconsi anche *eluviali*.

Infine giacimenti deuterogeni sono nati per processo meccanico e cioè per sfacelo dei depositi protogeni e successivo trasporto e preparazione meccanica, od arricchimento, compiuto dalle acque. Questi giacimenti sono detti *alluvionali*.

52. Se le classificazioni proposte pei giacimenti metalliferi sono numerose e se esse si accordano sufficientemente nelle loro linee generali, l'accordo degli autori è invece ben lungi dall'essere completo quando si tratta di classificare i singoli giacimenti, per cui accade sovente di vedere alcuni dei giacimenti più conosciuti per importanza mineraria, collocati da diversi autori nelle classi più differenti di classificazioni analoghe. Ciò dipende evidentemente dal modo di considerare la *genesi* dei giacimenti, per cui, ad esempio, uno stesso deposito stratificato, secondochè lo si considera nato per sedimentazione, o per precipitazione chimica, o per impregnazione di strati preesistenti, o per trasporto meccanico

contemporaneo al deposito dei terreni incassati, può essere, secondo una medesima classificazione, singenetico, epigenetico, o deuterogeno. È principalmente grande l'incertezza della genesi di molti giacimenti *stratiformi* che sono in relazione agli schisti.

53. **Origine dei giacimenti.** — *Giacimenti di natura eruttiva.*

La densità media dello sferoide terrestre, quale è calcolata dagli astronomi, risulta di 5,69, mentre la densità media delle roccie superficiali è circa 2,5. Ammesso che lo spessore della crosta solida terrestre sia di circa 40 km., e che sotto di essa esista un enorme bagno fuso, bisognerà pure ritenere che in profondità il bagno sia ricco di elementi riduttori, e quindi di metalli. Questi dovrebbero trovarsi distribuiti in zone concentriche di eguale densità, per cui quelli di peso specifico minore, come gli alcalini ed i terroso-alcalini, abbonderebbero verso la superficie, mentre i metalli più pesanti dovrebbero trovarsi di preferenza ammassati verso il centro dello sferoide, e quindi relativamente rari alla superficie, il che appunto si verifica pei metalli preziosi.

Quest'ipotesi non è da molti accettata, sembrando sufficente, per spiegare la maggior densità dello sferoide per rispetto alle roccie superficiali, ammettere che, per l'enorme pressione e temperatura a cui soggiaciono a grandi profondità gli elementi, questi si trovino dissociati, e gli atomi a contatto assoluto l'uno coll'altro.

Naturalmente fra la zona esterna solida ed il nucleo interno a temperatura ipercritica, deve esistere una zona plastica, la cui plasticità, ben diversa da quella che noi conosciamo alla superficie, è dovuta all'enorme pressione a cui le formazioni della zona si trovano sottoposte.

Ora è appunto in questa zona che si suppone avvengano le differenziazioni magmatiche, perchè non appena diminuisce per qualsivoglia ragione la pressione sovraincombente, il magma fuso si insinuerà nella litosfera, cioè nella crosta solida, oppure questa verrà localmente a rifondersi.

I metalli che si trovavano nella massa fusa o plastica, saranno così coi magma stati portati verso la superficie: le roccie ignee sarebbero quindi state il veicolo d'ascesa dei metalli.

Pur ammettendo che i metalli siano venuti alla superficie colle roccie eruttive, *i giacimenti metalliferi* nelle roccie eruttive sono assai meno frequenti di quanto a tutta prima si può credere. Sono invece numerosi gli esempi di roccie ignee che contengono metalli, sia allo stato nativo, come allo stato di ossidi o di solfuri: Il ferro nativo, ad esempio, si incontra nella dolerite di

Ovifack in Groenlandia; il platino nelle roccie oliviniche degli Urali; l'oro è un elemento primario nel granito di Sonora al Messico, di Ekaterinenbourg negli Urali e di altre località: il rame si trova allo stato nativo nel giacimento di Pari (Grosseto), in una trachite di Su Elzu in Sardegna, ecc.

La magnetite ($Fe^3 o^4$) è diffusa in tutte le roccie ignee, specialmente in quelle basiche, dove forma anzi talvolta delle masse colossali: la cassiterite ($Sn o_2$) si trova allo stato primario in roccie granitiche o granulitiche.

Le piriti nichelifere si trovano in Norvegia, a Sudbury nel Canadà, e nella valle della Sesia nelle diabasi e nei gabbri; la pirite di rame ha soventi sede nelle serpentine ecc.

Ma durante l'ascesa del magma eruttivo alla superficie, o durante il suo deposito in laccoliti, avvenne sovente che i metalli si separarono dalla massa fusa litoide, o per processi di vera differenziazione magmatica dando luogo a concentrazioni, o per sorta di liquazioni.

L'analogia fra la differenziazione degli elementi metalliferi e quella degli elementi litoidi delle roccie ignee, è grande, e a quanto fu detto in proposito si rimanda il lettore.

Le masse metallifere così nate per concentrazioni magmatiche, si presentano generalmente limitate in forma di lenti, di cui è soventi assai difficile valutarne l'importanza.

Talvolta la sostanza metallifera, anzichè nettamente separarsi dalla litoide per formare una lente distinta, si concentrò incompletamente, dando luogo a locali arricchimenti della roccia in metallo.

Ma sovente non si ebbe un semplice processo di differenziazione magmatica, poichè la separazione delle parti metallifere dalle litoidi fu accentuata o per azione della gravità, o per speciali fenomeni solfatariani. Così potè darsi che alla separazione magmatica sia stata di complemento una differenziazione specifica, mercè la quale le parti metallifere, che si separavano dalla roccia, per effetto della gravità si riunivano nelle parti più profonde del *laccolito*. Una spiegazione di questo genere è, ad esempio, data da qualche autore per la concentrazione cuprifera della massa di Montecatini: fenomeni di trasporto idrochimico possono pure aver prodotto lo stesso risultato di locali arricchimenti.

Riguardo poi ai fenomeni solfatariani è utile ricordare che tutte le roccie eruttive emisero gas e vapori, come oggi ancora si osserva per le roccie vulcaniche: gli idrosolfuri, i fluoruri, i clo-

ruri, il vapor d'acqua surriscaldato ad altissima temperatura, l'acido carbonico, l'acido fosforico, le soluzioni di silicati, ecc., agenti ben noti col nome di *mineralizzatori*, che si liberavano dalle roccie eruttive *(pneumotolisi)*, dovevano necessariamente agire sugli elementi metallici delle roccie ignee, ed imprimere ad essi mobilità, favorendone la concentrazione, specialmente nelle zone di contatto fra le roccie ignee e quelle preesistenti; si ebbero così quei giacimenti che i francesi distinguono coll'indicativo *avec départ*, e che furono detti *d'estrazione* o *pneumoidatogenici*.

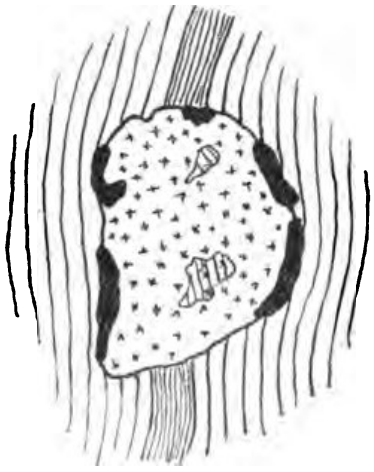


Fig. 11.

Esempi classici di queste concentrazioni magmatiche, dovute all'azione combinata del metamorfismo generale e di agenti mineralizzatori, sono dati dai giacimenti di piriti nichelifere della Norvegia. Nella fig. 11 è rappresentata una serie di tali giacimenti: la parte centrale è *norite*, la roccia madre che ha portato a giorno la pirite nichelifera: essa presenta sul contatto coi gneiss metamorfizzati le concentrazioni metallifere, che costituiscono depositi industrialmente molto importanti della regione.

54. *Giacimenti d'origine idrochimica.* — Gli elementi metallici, sciolti e trasportati fuori della zona di contatto dai mineralizzatori, diedero luogo a giacimenti d'origine evidentemente chimica. Questi poterono nascere:

a) per precipitazione sul fondo di bacini,

b) per doppie reazioni, per cui le soluzioni mineralizzate, intaccando alcune roccie, deposero gli elementi metalliferi,

c) per dissoluzione e riprecipitazione di alcuni metalli che già esistevano nelle formazioni,

d) per depositi o concrezioni lasciati nelle formazioni dalle soluzioni metallifere che in esse circolavano.

In ultima analisi tutti questi depositi hanno origine idrochimica, e per la genesi dei giacimenti ci basterà considerare che il metallo fu portato da soluzioni, senza per ora preoccuparci di conoscere la sua provenienza originaria.

È però vero che in questa categoria di giacimenti potrebbero rientrare quelli che abbiamo chiamati di estrazione magmatica; ma

noi intenderemo per giacimenti d'origine idrochimica quelli che si formarono fuori della zona di contatto delle roccie eruttive mineralizzate, restringendoci a considerare di estrazione i giacimenti minerali in diretta relazione colle roccie eruttive.

È questa categoria dei giacimenti d'origine idrochimica la più numerosa ed importante pel minatore, per cui faremo particolare cenno delle varie classi in cui i giacimenti che essa comprende si possono geneticamente raggruppare.

55. *Precipitazioni sul fondo di bacini.* — I depositi che nacquero da questi fenomeni sono detti *superficiali* benchè sovente, per esser stati ricoperti da potenti sedimentazioni, s'incontrino a profondità rilevanti sotto la superficie terrestre. Delle soluzioni ricche d'elementi metalliferi, venute alla superficie attraverso il suolo o mineralizzatesi per lisciviazioni di roccie superficiali, poterono riunirsi in bacini, ove per le mutate condizioni di temperatura e di pressione, o per diluizioni con acque ossigenate o per perdita di solventi ecc., precipitarono gli elementi che tenevano disciolti, dando origine a *sedimenti* metalliferi, oppure a *banchi*, o lenti, secondochè i bacini erano larghi e pianeggianti, oppure stretti e profondi.

I giacimenti di questa specie non sono infrequenti: si trovano di ferro, di manganese, di rame, di piombo, di zinco, d'oro. Molti autori però ammettono in questa categoria solamente alcuni speciali giacimenti di ferro, di manganese e alcuni pochi d'oro, attribuendo agli altri, che pur presentano aspetto stratificato, un'origine diversa, dovuta precisamente a posteriori impregnazioni metallifere di banchi o di strati litoidi e porosi.

Fra i giacimenti di ferro e di manganese a cui si attribuisce l'origine sedimentaria, si ascrivono molti di quelli che si trovano in concordanza negli schisti antichi paleozoici; i giacimenti intercalati nella formazione carbonifera, che è particolarmente ricca di minerali di ferro carboniosi; molti dei grandi ammassi di minerali di ferro delle Alpi, ecc. Hanno pure analoga origine le formazioni ooliliche della Lorena e del Lussemburgo, che mostrano netto carattere sedimentario e così anche quelle di manganese, eoceniche, della regione Caucasica.

Gli strati di minerali di ferro e di manganese che si depositano tuttodì nel mare, costituiscono pure dei giacimenti di questa categoria: L'oro, infine, si è riscontrato cristallizzato in quantità non disprezzabile in alcuni strati sedimentari, ove è ritenuto siasi deposto per precipitazione.

Riguardo ai minerali solforati che si trovano in depositi sedi-

mentari, come quelli ben noti di piombo di Commer; di blenda d'Ammeberg in Svezia; di rame di Rammelsberg, di Coro-coro in Bolivia; di Perm in Russia ecc.; d'oro nel Witwatersland nell'Africa del Sud, ecc., l'origine di semplice precipitazione chimica, contemporanea delle sedimentazioni, è generalmente combattuta, e si ritiene invece si tratti di mineralizzazioni posteriori, avvenute per infiltrazione di soluzioni mineralizzate apportate nei sedimenti da vere fratture filoniane. Le fratture costituirebbero i *grifoni* da cui provenne la mineralizzazione.

56. *Giacimenti di sostituzione.* — Le soluzioni mineralizzate possono avere, in alcuni casi, agito su roccie calcaree o dolomitiche ed aver dato luogo a doppie reazioni con deposito delle sostanze metallifere. Così ad esempio una soluzione di solfato di zinco a contatto di calcare può aver dato luogo a gesso, che è alquanto solubile, e calamina insolubile, secondo la reazione:

$$S O^4 Zn + Ca C O^3 = Ca S O^4 + Zn C O^3.$$

I giacimenti metalliferi, che così si formarono, sono metasomatici. Rientrano in questa categoria molti giacimenti di contatto, posti fra roccie calcaree ed eruttive, oppure fra calcari e schisti. Probabilmente buon numero di filoni di contatto, quando essi interessano una sponda di calcare, sono metasomatici.

Alcuni giacimenti di ferro, specialmente di siderite e magnetite, hanno questa origine: così quelli di Bilbao, dell'Elba, ecc.; sono pure metasomatici quelli del Laurion, sviluppati nei contatti del calcare collo schisto; i giacimenti di piombo del Railb, moltissimi giacimenti calaminari, ecc.

57. *Depositi dovuti a riempimento di cavità o ad impregnazioni di strati porosi.* — I giacimenti che si presentano nettamente come riempimento di cavità grottiformi, sono assai poco numerosi: essi s'incontrano esclusivamente nelle formazioni calcaree e riesce quindi assai difficile determinare se l'origine è metasomatica, oppure di riempimento. Solo l'esame accurato delle superfici di contatto può dare qualche volta indizi per la distinzione. Fra le formazioni di questo genere si annoverano gli imbuti ripieni di ferro pisolitico del Tirolo, i giacimenti d'argille cinabrifere di Cornacchino, quelli di calamine di Railb in Carinzia, e probabilmente gli imbuti di Masua (Sardegna) che contenevano calamina e galena: nella Val Seriana, alle miniere di Casa Conti si osserva una cavità grottiforme, detta col nome comune di *crevassa*, nella quale lo stilli-

cidio lungo le pareti già produsse e produce, estese incrostazioni di calamina: Poco discosto esiste la ricca miniera di Costa Yels, che in più punti coltivò grosse vene calaminari che sembravano riempimento di grotte aperte in forma di *tunnels* nella dolomia.

Negli strati porosi, e quindi permeabili, le soluzioni mineralizzate, che in esse circolavano, poterono deporre gli elementi metalliferi, costituendo così *zone di impregnazione*. Abbiamo già detto che parecchi autori classificano in questa categoria gran numero dei giacimenti che noi abbiamo enumerato come dovuti a semplice precipitazione chimica. — L'impregnazione può esser stata in alcuni casi correlativa a fenomeni metasomatici nelle arenarie e nei gres, costituiti in parte con elementi calcarei. L'impregnazione potè anche, in qualche caso, essere dovuta non a porosità di alcune formazioni, ma bensì ad un particolare potere assorbente che sulle soluzioni metallifere esercitano le argille pure, le quali godono appunto della proprietà di trattenere alcuni sali metallici dalle soluzioni molto diluite che le attraversano. Questa proprietà, accennata dal Köhler, può spiegare alcune associazioni di minerali metalliferi con argille. Esperienze di laboratorio avrebbero confermato che, ad esempio, per le soluzioni cupriche poste a contatto con caolino e con altri silicati, avviene una precipitazione di rame per scambio di basi, per cui una equivalente quantità di alcali e di terre alcaline entra in soluzione: il fenomeno rientrerebbe quindi nella categoria di quelli metasomatici.

58. *Riempimento di spaccature — Filoni metalliferi.* — Ci occuperemo più avanti delle ipotesi proposte per spiegare il riempimento delle spaccature filoniane: per ora, ammetteremo che i filoni metalliferi sono il risultato di concrezioni metallifere, depositatesi entro fratture della crosta terrestre. L'origine idrochimica dei filoni ha motivi di conferma nell'abito degli elementi filoniani, i quali presentano appunto le forme proprie ai cristalli generati dalle dissoluzioni; nella solubilità constatata di tutti i minerali filoniani; nella frequente presenza nei filoni di acque termali; nelle precipitazioni di minerali dalle soluzioni termali; nelle associazioni minerarie che costituiscono il riempimento filoniano, proprie di deposito da soluzioni complesse; nella disposizione del riempimento stesso, per cui la circolazione idrica è sovente evidente, nelle pseudomorfosi, infine, caratteristiche, e nelle inclusioni liquide che i minerali filoniani contengono.

Noi vedremo più avanti come queste soluzioni mineralizzate nacquero, come penetrarono nelle grandi geodi filoniane e come, infine, esse depositarono i minerali.

Differiscono essenzialmente i filoni metalliferi da quelli di roccie eruttive, pel fatto che nei primi il riempimento fu per sua natura relativamente lento, mentre i filoni eruttivi ricevettero il riempimento di roccia fusa in un tempo relativamente breve: pei primi poi l'origine è idrochimica, mentre pei secondi è ***eruttiva***.

Sotto il nome di *filoni* si raggruppano però giacimenti d'origine diversa: essi hanno comune il carattere geometrico, di essere, cioè, disposti come un piano diretto più o meno verticalmente nelle formazioni.

Il giacimento filoniano ha quindi una sola delle due dimensioni orizzontali sviluppata, mentre l'altra è incomparabilmente ristretta; si sviluppa, invece, la terza dimensione, che è quella prossima alla verticale. È evidente che per rispetto alla giacitura, gli strati raddrizzati sono paragonabili ai filoni; ed infatti alcune legislazioni non fanno distinzione fra strato raddrizzato e filone, non essendovi differenza fra i metodi di coltivazione applicabili ai due giacimenti. La differenza però geneticamente è assoluta, perchè lo strato raddrizzato si originò dapprima orizzontalmente e l'età sua è in conseguenza compresa fra l'età delle roccie che lo comprendono, mentre il filone è posteriore alle formazioni che lo racchiudono.

59. I giacimenti filoniani si possono distinguere in tre classi:

Filoni di spaccatura.

Filoni-strato.

Filoni di contatto.

I *filoni di spaccatura* sono quelli nati per il riempimento di spaccature già beanti della crosta terrestre. La genesi del filone comprende quindi due fenomeni ben distinti, e cioè: la formazione della spaccatura, o geode filoniana, ed il posteriore suo riempimento, dovuto alla circolazione di soluzioni mineralizzate.

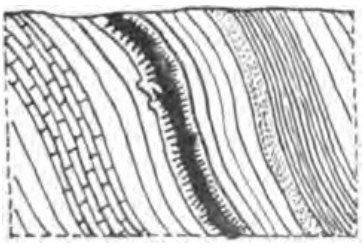


Fig. 12.

I *filoni-strato* (fig. 12) possono formare un caso particolare dei filoni di spaccatura, quando la frattura si è aperta nella direzione degli strati, e cioè lungo il piano di contatto di due strati. Potè darsi evidentemente che in detto piano la formazione, soggetta allo sforzo dinamico che doveva provocarne la rottura, presentasse minore resistenza e che quindi siasi colà aperta. Ma potè anche avvenire che lungo il contatto di due strati siasi infiltrato e deposto del

materiale mineralizzato o per fenomeni di sostituzione molecolare o per fenomeni di impregnazione: in questi casi avremo giacimenti d'aspetto più o meno filoniano, che però saranno in realtà da ascriversi alle formazioni metasomatiche ed a quelle di impregnazione.

Talvolta se i filoni-strato sono regolari, possono essere confusi cogli strati mineralizzati, e viceversa. Occorre allora identificare se il riempimento fu posteriore alle formazioni che lo comprendono. Quindi si osserverà con cura se la materia ritenuta filoniana si insinua in ramificazioni nelle roccie incassanti, principalmente nei

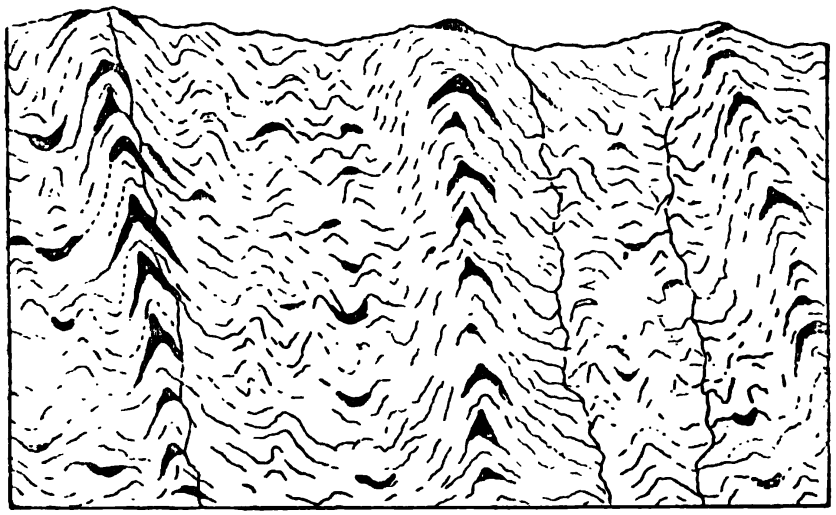


Fig. 13.

piani delle eventuali fratture trasversali alla stratificazione, tenendo però presenti gli eventuali fenomeni di circolazione secondaria: oppure se essa racchiude frammenti delle stesse roccie incassanti; o se presenta passaggi di mineralizzazione che l'avvicinano alla roccia delle sponde, ecc.

Una varietà dei filoni strato è quella offerta dai così detti filonisella dell'Australia, studiati principalmente nella colonia di Victoria a Bedingo: Colà (fig. 13) una regolare successione di strati schistosi siluriani subì una serie di piegature e nelle anticlinali avvennero dei distacchi degli strati che formarono conseguentemente dei vuoti. In essi si annidò il materiale quarzoso aurifero, importato verso la superficie da vere fenditure filoniane.

I *filoni di contatto* si presentano, come lo dice il nome, sul *con-*

tatto di una roccia ignea con una formazione stratificata (fig. 14). L'origine della massa filoniana può essere diversa: Anche qui può darsi che il piano di contatto abbia presentato una superficie di minor resistenza agli sforzi che interessarono la regione, e che per tanto la rottura sia necessariamente avvenuta secondo detto piano: ma può anche darsi che la massa eruttiva abbia subito una contrazione od uno spostamento, per cui si sia generato uno stacco dalle formazioni sedimentarie che la comprendevano. Analogamente a quanto fu già accennato pei filoni strato, non si può escludere che le soluzioni mineralizzate abbiano trovato lungo il contatto più facile accesso che non nelle roccie laterali, o che la massa eruttiva abbia costituito una superficie impermeabile a contatto della quale le soluzioni mineralizzate dovettero necessariamente circolare.

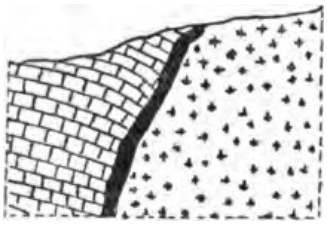


Fig. 14.

Talvolta per la loro forma e per la loro ubicazione relativamente alla massa eruttiva, i giacimenti di segregazione (fig. 15) potrebbero essere classificati come filoni di contatto: in tali casi il dubbio viene risoluto ponendo mente alla natura del giacimento metallifero e cioè se esso è di segregazione magmatica o di origine idrochimica; sopratutto la natura delle roccie ignee e la eventuale presenza in esse di inclusi, anche microscopici, può risolvere ogni dubbio.

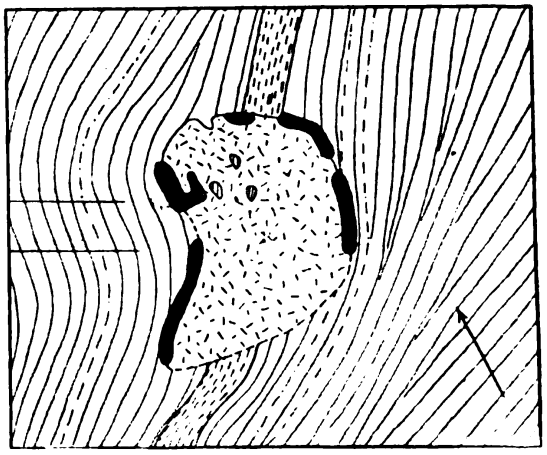


Fig. 15.

Dei filoni di contatto e dei filoni-strato, che sono relativamente poco importanti, non ci occuperemo oltre, mentre invece daremo qualche dettaglio sui filoni di spaccatura, che sono quelli minerariamente più interessanti.

60. *Filoni di spaccatura.* — Per quanto riguarda l'origine e la distribuzione delle spaccature filoniane si rimanda il lettore alle generalità già dette a proposito delle dislocazioni. Le fratture sem-

plici o con rigetto, quando rimasero beanti ed accolsero i materiali filoniani che enumereremo in seguito, costituirono i filoni. Come quindi si hanno sistemi di rotture fra loro orientate o *coniugate*, così si hanno in natura sistemi filoniani, i quali, a seconda della direzione dei rispettivi filoni, saranno paralleli o radiali. Un sistema filoniano generalmente comprende più filoni paralleli ed inclinati nello stesso senso: talvolta un sistema può comprendere anche filoni normali fra loro od anche radiali. Questi sistemi di filoni trovano la spiegazione della loro origine, nelle già citate esperienze di riproduzione artificiale dei campi di fratture, fatte dal Daubrée e da altri.

Un sistema di filoni comprende in generale un solo fenomeno dinamico: siccome si ritiene che il riempimento della frattura filoniana abbia immediatamente seguito il fenomeno dinamico, non v'ha ragione per non ammettere che, in una data regione, il riempimento filoniano di uno stesso sistema di fratture, sia stato contemporaneo e quindi sia omogeneo. Ne segue quindi che filoni contemporanei presenteranno analogo riempimento. I filoni paralleli, e in generale i filoni di uno stesso sistema, saranno quindi minerariamente analoghi. Il parallelismo però non riguarda la sola direzione ma anche l'inclinazione, nei limiti naturalmente larghi che si devono assegnare ai fenomeni geologici.

In una stessa regione può darsi si siano sovrapposti diversi sistemi di rotture; si avranno quindi diversi sistemi filoniani. I filoni si potranno allora distinguere col loro parallelismo a determinate direzioni. I filoni paralleli, appartenendo ad uno stesso sistema, avranno analogo riempimento. Filoni non paralleli potranno avere, ed avranno in generale, diverso riempimento. Naturalmente questa conseguenza non è applicabile ai sistemi di filoni raggiati, perchè in tal caso, pur avendo i singoli filoni diversa direzione, hanno comune origine. I filoni dell'Oberharz (alto Harz) sono radiali, come pure ad esempio quelli di Cerro de Potosi in Bolivia.

61. Il parallelismo dei filoni si determina osservandone la direzione e l'inclinazione. Valgono in proposito le stesse considerazioni già fatte per la direzione e l'inclinazione degli strati. Nei campi filoniani si distinguono i sistemi, dando l'orientazione della direttrice: così ad esempio un fascio di filoni diretto nel settore N. N W sarà di direzione N. N W.

In Germania il quadrante è diviso, di tre in tre, in 24 ore (fig. 16) e cioè supponendo la linea N S segnata con 12 e 12 ore, si ha: 12 — 3 — 6 — — 9 — 12 — 3 — 6 — 9 — 12 partendo dal Nord

e dirigendosi con movimento destrorso. La direzione NE sarebbe quindi quella dell'ora terza. In talune regioni vi sono denominazioni speciali per indicare queste direzioni: così ad esempio nella Sassonia i filoni prendono il nome di *Stehende, Morgen, Spat* o *Flache*, secondochè si trovano rispettivamente nell'ora 3ª, 6ª, 9ª o 12ª.

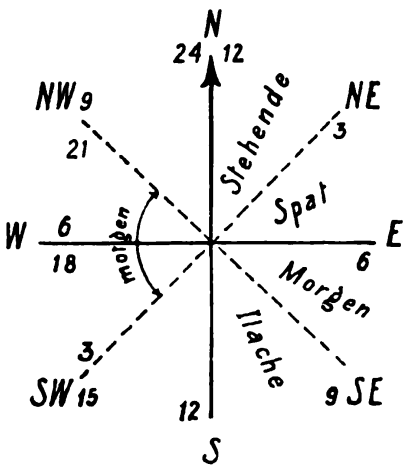
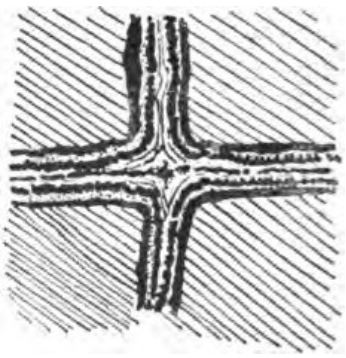


Fig. 16.

L'inclinazione dei filoni è data, come quella degli strati, dall'angolo che il piano del filone forma col piano orizzontale; occorre naturalmente, per individuarne la posizione nello spazio, dare la direzione dell'inclinazione, ossia la direzione secondo la quale si muoverebbe una sfera cadente secondo la linea di massima pendenza del filone che si considera.

Qualche volta dei filoni si intersecano mutuamente, senza alcuna legge geometrica, e costituiscono un *reticolato*. Quando le maglie del reticolato si restringono ed i filoni sono relativamente numerosi e sottili, si ha uno *Stokwerk*. Negli Stokwerk è necessario abbattere tutta la roccia per ricavarne poscia il minerale. I giacimenti di stagno di Altenberg, di Geyer, ecc.; quelli d'oro di Offenbaya in Ungheria, sono degli stokwerks.


Fig. 17.

62. Filoni di uno stesso sistema, o appartenenti a sistemi diversi, soventi, come vedemmo, si intersecano fra loro: si possono anche intersecare fra loro filoni paralleli, quando hanno diversa pendenza. Se i filoni che si incrociano sono contemporanei, cioè appartengono allo stesso sistema di fratture, il riempimento sarà analogo nei diversi filoni e se essi presentano carattere concrezionato, l'andamento delle concrezioni seguirà la continuità delle sponde: sovente nell'asse dell'incrocio si avrà una geode (fig. 17). Ma se, come è il caso più comune, i filoni che si incrociano sono d'età diversa, cioè appartengono a sistemi diversi, si potrà distinguere l'*incrociatore* dall'*incrociato*: questo evidentemente sarà

il più antico ed avrà il riempimento troncato dal riempimento più recente dell'incrociatore (fig. 18). Talvolta l'incrociatore subisce a contatto del filone incrociato una deviazione, per cui corre per un certo tratto parallelamente ad esso, su una delle sponde o nello stesso filone incrociato, per riapparire poi e continuare nella direzione primitiva, oltre l'altra sponda. In alcuni casi il fenomeno è complicato da una ramificazione dell'incrociatore contro l'incrociato.

Le faglie, di cui abbiamo già parlato, possono considerarsi nei campi filoniani come incrociatori sterili, i quali tagliano e spostano i filoni mineralizzati. Il riempimento delle faglie è sovente argilloso; talvolta invece è costituito da breccie di frizione. I rigetti che le faglie provocano nei filoni, possono essere più o meno considerevoli. Valgono per le ricerche dei filoni rigettati le stesse considerazioni già sviluppate per le dislocazioni.

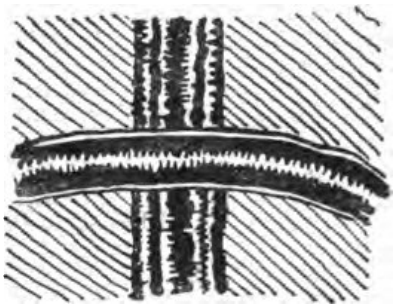


Fig. 18.

63. Le dimensioni dei filoni sono oltremodo variabili: La potenza, che è misurata dal tratto di normale compreso fra le sponde della fenditura, può variare da qualche millimetro (filoni di tellururo d'oro del Banato) a 50 e più metri (filone piombifero di Montevecchio). La lunghezza, nel senso della direzione, è pure molto diversa da caso a caso: Può avere, ad esempio, il filone un centinaio di metri di lunghezza, come un centinaio di chilometri. Così il filone argentifero di Tuviois nel Sarrabus, che era molto ricco, si prolungò di 200 m.: il Mother lode della Sierra Nevada di California ha circa 112 chilometri di lunghezza. Il filone di Montevecchio in Sardegna è ben riconosciuto per oltre sei chilometri. In diversi sistemi filoniani, la lunghezza dei filoni di un sistema può essere maggiore della lunghezza di quelli di un altro sistema.

Una questione molto importante, che si associa con la genesi, è la continuità in profondità dei filoni. I geologi ammettono che a 2000 ÷ 3000 metri di profondità le fenditure delle formazioni terrestri possono mantenersi aperte ripiene di acqua e che a circa 10.000 metri comincia la zona plastica Si vede quindi che il problema non può ancora preoccupare, poichè i lavori minerari a malapena fino ad ora raggiunsero la profondità di 1300 metri, e sarà molto difficile spingerli a 2000. Un grande progresso si è fatto

dai tempi di Werner coll'affermare l'origine profonda e non superficiale dei filoni.

Le coltivazioni di Freiberg, state spinte oltre 600 metri, dimostrarono erronee le credenze di Werner sulla superficialità dei giacimenti filoniani: Oggi a Pzibran i lavori di coltivazione del filone Alberto si sviluppano oltre 1100 metri: analogamente si approfondano le coltivazioni dei filoni cupriferi del Lago Superiore oltre 1400 metri, ecc.

È naturale ammettere, come del resto fu molte volte comprovato dall'esperienza, che i filoni di breve lunghezza alla superficie raggiungono profondità poco importanti, mentre i filoni estesi sono molto profondi.

64. I filoni terminano nel senso della lunghezza in diversi modi: talvolta sono bruscamente troncati da un *rigetto*, altrevolte si *chiudono a cuneo*, isterilendosi in sottil vena argillosa; altre volte invece si ramificano ed i rami ad uno ad uno spariscono. I filoni soventi muoiono all'incontro di roccie molto dure, od anche penetrando in roccie molto tenere.

Riguardo al riempimento, si distingue nel filone la *massa filoniana* dalle *salbande*. Le *salbande*, che solo raramente mancano nei filoni, si trovano sul contatto della massa filoniana colle sponde della frattura, e cioè colla roccia incassante: generalmente le salbande sono sviluppate al letto e si mostrano costituite da sostanze argillose, dovute alla decomposizione delle roccie incassanti.

Le salbande qualche volta sono mineralizzate: nei filoni argentiferi di Chararcillo si riscontrò nelle salbande (dette *mantos*) un notevole arricchimento di metallo. — In alcuni casi il filone presenta al suo interno delle false salbande, e cioè delle vene argillose, disposte parallelamente alle sponde ma ad una certa distanza da esse. Queste false salbande sono nate generalmente per riaperture subite dal filone con immissione di sostanze mineralizzate nella nuova frattura: esse possono far credere al minatore, che lavora nel filone, di aver raggiunto la roccia incassante, mentre al di là della falsa salbanda riappare il filone.

I filoni hanno soventi determinato delle alterazioni nelle roccie incassanti a contatto delle salbande, come produzione di sericite, caolinizzazione di feldspati, propilitizzazione nelle roccie vulcaniche, formazione di clorite, epidoto, calcite, e talvolta anche di tormaline nelle granuliti, ecc.

65. Nella massa filoniana occorre distinguere il minerale metallifero dalla sostanza litoide che lo accompagna. Questa prende il nome di *ganga* o *matrice*.

Le ganghe dei filoni sono: il quarzo, la baritina, la calcite, la fluorina, la dialogite, la dolomia, l'argilla, ecc.: talvolta costituiscono ganga le stesse roccie incassanti frammentate, come i graniti, i porfidi, le serpentine, i gres, gli schisti ecc., più raramente le zeoliti, il gesso, i feldspati. Del resto molti altri minerali possono eccezionalmente costituire ganga di filoni.

I minerali metalliferi dei filoni sono talvolta ossidati (cassiterite, ferro oligisto, ecc.); sovente solforati (blenda, galena, pirite ecc.); qualche volta carbonati (ferrospatico, cerussite, ecc.) e infine in alcuni casi si trovano metalli stato nativo (rame, argento, ecc.) o arseniuri, antimoniuri, ecc.

I vari elementi metalliferi costituiscono nei filoni delle *associazioni mineralogiche* pressochè costanti.

I rapporti paragenetici sfuggirono fino ad ora ad ogni legge scientifica, e solo l'osservazione permise di determinarli.

Fra le paragenesi più frequenti si possono annoverare le seguenti:

la cassiterite con wolframio e molibdenite,
l'oro con quarzo, pirite, mispikel e stibina,
la bismutina colla calcopirite,
la galena colla blenda, pirite,
il cobalto col nichelio, bismuto, uranio, ecc.

Rispetto alle ganghe vi sono pure rapporti paragenetici evidenti:

l'oro si trova in filoni quarzosi,
la cassiterite è accompagnata da quarzo con un corteo di elementi fluorati,
l'argento si trova sovente colla calcite,
il nikel con silicati magnesiaci idrati, ecc.

66. *Struttura dei filoni.* — Per ben comprendere le diverse strutture che può presentare il riempimento filoniano, occorre ricordare che i filoni sono nati dal riempimento di fratture apertesi nella crosta terrestre, e prodotto da circolazione di soluzioni. Le strutture filoniane sono rappresentate dalle disposizioni relative dei vari elementi che costituiscono i filoni. Il riempimento filoniano avvenne in un periodo di tempo più o meno lungo, durante il quale si modificò la natura delle soluzioni mineralizzate circolanti, e quindi cambiò la natura del materiale che si depositava nella fenditura. Dal punto di vista strutturale, i filoni possono distinguersi nelle classi seguenti:

a) compatti o semplici

b) concrezionati { listati / brecciati

c) sparsi o composti.

La *struttura compatta* è propria dei filoni che nacquero per nette rotture. Il riempimento è costituito, ad esempio, di galena compatta, oppure di quarzo moschettato uniformemente di galena, ecc.

La *struttura concrezionata* è propria invece dei filoni costituiti di più elementi, i quali ebbero venute successive. Se il fenomeno del riempimento filoniano si compì calmo e tranquillo, si ebbero i *filoni listati;* se invece durante il fenomeno accaddero franamenti del materiale delle sponde del filone, il riempimento assunse aspetto brecciato.

I filoni listati si presentano simmetrici all'asse geodico: la loro formazione attesta le variazioni che subirono le soluzioni mineralizzate che circolavano nella frattura, le quali depositarono successivamente diversi elementi, talvolta con ritorni nella serie. Così, ad esempio, partendo dalle salbande e dirigendosi verso l'asse geodico, si può incontrar successivamente: baritina, galena, quarzo, blenda, quarzo, ecc. Le liste dei vari minerali hanno spessori molto diversi ed il più sovente, se metallici, sono nettamente limitate all'arrivo e sfumate alla partenza. In un filone listato è assai facile determinare l'ordine delle venute: evidentemente questo ordine è dato dalla successione delle liste che si presentano, esaminando il riempimento dalle salbande verso l'asse geodico del filone.

Filoni brecciati. — Se durante il deposito del materiale filoniano nella fenditura avvennero frane di materiale dalle sponde, tale materiale avrà più o meno riempito la cavità filoniana e le soluzioni mineralizzate, circolando nei meati del materiale franato, ne avranno saldato assieme i vari pezzi, formando una breccia. Se le soluzioni mineralizzate subirono, durante la circolazione nella frattura, dei cambiamenti nella loro composizione, attorno ai vari elementi della breccia si saranno depositate delle concrezioni di natura diversa ma concentriche, le quali danno al filone un aspetto caratteristico.

Filoni sparsi o composti. -- Appartengono a questa categoria quei filoni che non si presentano come il riempimento di una fenditura, ma piuttosto come il riempimento di più fenditure di andamento irregolare, pur mantenendo nel complesso una direzione costante che sarebbe quella del filone. Esempi di queste strutture

sparse ci sono dati da parecchie miniere cuprifere dell'Appennino ligure.

Occorre però distinguere il caso di un filone dovuto, in realtà, ad una ramificazione di fratture, racchiuse in una zona più o meno stretta, la cui direzione sarà quella del filone, dal caso in cui il filone ha per sede un'unica ampia spaccatura (fig. 19), nella quale, per particolare struttura delle roccie incassanti, franarono grandi lenti di roccia, che disponendosi nel senso della frattura, determinarono la formazione di una serie di vene irregolari di riempimento a reticolato allungato. Nel primo caso mancano sovente le salbande,



Fig. 19.

sicchè riesce incerta la limitazione del filone in larghezza; nel secondo caso, sebbene per la grandezza degli elementi tali filoni brecciati si considerino come composti, essi presentano in generale, al limite della originaria spaccatura, le salbande.

È da notare infine che la struttura dei filoni non è uniforme, giacchè uno stesso filone può presentare ne' suoi diversi punti struttura compatta, listata, brecciata, o sparsa.

I filoni di cui ci siamo fino ad ora occupati, sono quelli nati in fenditure dovute a fenomeni dinamici esochinetici: essi sono minerariamente i più importanti. Però anche le fenditure entochinetiche possono aver accolto filoni mineralizzati. Così, ad esempio, si trova la garnierite in rotture entochinetiche delle serpentine, dovute alla decomposizione della olivina: la cassiterite in fenditure dovute alla contrazione di granuliti, ecc.

67. *Dell'origine dei filoni.* — Il primo a richiamare l'attenzione sui giacimenti filoniani fu Diodoro di Sicilia, che ai tempi d'Augusto parlò dei filoni spagnuoli; Agricola nel 1556 ammette che l'acqua portò nelle spaccature filoniane i minerali, e questa concezione è oggi la base delle teorie moderne sulla genesi dei filoni. Rossler nel 1673 stabilì che nei filoni la frattura è anteriore al riempimento; Henchel nel 1725 affermò che la mineralizzazione provenne dalle profondità, e che, cioè, fu per *ascensum*.

Nel 1750 Van Offel si pronunziò per una specie di secrezione laterale. Nel 1790 il Werner sostenne invece la formazione per *discensum*. Combattuta la teoria Werneriana dal Von Beust nel 1840, viene nel 1863 ripresa quella della secrezione laterale dal Bischoff, che è poi validamente sostenuta nel 1880 dal Sandberger, ma dimostratone in seguito il carattere punto generale dallo Stelzner, nel 1896, rinacque, per merito di tutta una schiera di studiosi, la teoria per *ascensum*, la quale, integrata con tutte le osservazioni moderne e sotto forma nuova colla circolazione termale, si presenta oggi, se controversa ancora nei dettagli, accettata quasi da tutte le scuole.

Werner supponeva che il riempimento filoniano fosse dovuto a soluzioni penetrate dall'alto verso il basso in fratture che si chiudevano a cuneo. Questa ipotesi, ammessa per oltre mezzo secolo, arrestò naturalmente le ricerche in profondità a Freiberg e in altre regioni filoniane.

I sostenitori della secrezione laterale suppongono che il materiale filoniano provenga da lisciviazione fatta, da speciali soluzioni, alle roccie incassanti; in altre parole ammettono i metalli originariamente disseminati nelle formazioni che comprendono i filoni. Principalmente il Sandberger dimostrò che le roccie incassanti filoni contengono tutti i metalli che entrano nella composizione dei filoni stessi. Più accurate analisi posteriori permisero però d'affermare che i metalli nelle roccie adiacenti ai filoni sono soventi conseguenza, e non causa, dei filoni mineralizzati, giacchè negli elementi primordiali delle roccie in parola non si ritrovano generalmente i metalli proprii dei filoni che interessano le roccie stesse.

Il trasporto dei minerali nelle spaccature filoniane è spiegato dai sostenitori della secrezione laterale come stato fatto dall'acqua, la quale, circolando nel sottosuolo, si caricava di acido carbonico, intaccava quindi i feldspati e diveniva alcalina, atta quindi a sciogliere i solfuri metallici che riscontrava nel suo percorso.

Si fanno a questa teoria parecchie obiezioni: così essa non spiega bene le strutture listate dei filoni, e neppure come in una medesima roccia si presentino filoni assolutamente differenti, nè come filoni, che attraversano formazioni diverse, mantengano costante la propria natura mineralogica, come soventi accade di osservare.

Le teorie per *ascensum* ammettono che i minerali provengano dal basso e siano stati portati nelle parti alte delle fenditure terrestri per processo pneumatolitico, e cioè da vapori e per circolazioni d'acque termali d'alto potere solvente.

La teoria che propugna la formazione dei giacimenti filoniani per mutue reazioni di vapori metalliferi, di vapor d'acqua, ecc., che determinarono la sublimazione nelle fenditure degli elementi metallici, trova appoggio non solo in esperienze sintetiche di riproduzioni artificiali di minerali metalliferi analoghi a quelli filoniani, ma si presta perfettamente a spiegare la genesi di alcuni filoni, come quelli di ferro oligisto nelle roccie vulcaniche, di stagno nelle roccie granitiche, ecc.

Questa teoria, appoggiata specialmente da chimici come Bunsen, Durocher, Daubrée, conta sempre dei fautori. Essa tuttavia è obbligata quasi a fare una distinzione artificiale fra il riempimento litoide (quarzo, calcite ecc.) dei filoni ed i minerali metalliferi che esso contiene.

La teoria *termale*, infine, ammette come origine prima delle sostanze metallifere dei filoni la vaporizzazione degli elementi metallici dalle roccie ignee e che questi elementi, disciolti e trascinati da acque caldissime, a forti pressioni e ricche di elementi solventi, specialmente alcalini, nelle fenditure terrestri, le abbiano incrostate per successivo deposito, generando così i filoni.

68. Che il fenomeno della mineralizzazione sia legato a fenomeni termali più o meno solfataniani, è quasi evidente. Già il Daubrée mostrò colle sue classiche ricerche nelle sorgenti termali di Plombierès che la produzione di tutta una serie di minerali filoniani (galena, anglesite, cuprite, calcopirite, ecc.) era in quelle condizioni possibile, ed avveniva anche attualmente. Le osservazioni fatte al Solphur-Bank, in quel filone cinabrifico la cui attività vulcanica non è ancora spenta, mostrarono già fin dal 1868 la reale attendibilità della teoria termale. Le sorgenti termali mineralizzate che s'incontrarono nella coltivazione di alcuni filoni o nei campi filoniani, si possono interpretare come residui dell'antica attività filoniana. Infine da tempo è noto per gli studi di Bischoff che tutti i minerali

dei filoni sono solubili in soluzioni analoghe a quelle che sgorgano dalle sorgenti termali, e che i minerali filoniani presentano forme d'origine idrica ed inclusioni liquide.

Controversa è, tra i fautori della teoria termale, la questione della circolazione delle acque che si saturarono d'elementi minerali: se cioè essa avvenne dall'alto verso il basso per poi risalire nelle fenditure filoniane, oppure se si trattò di vere sorgenti sotterranee, sprigionatesi nelle profondità per fenomeni vulcanici sotterranei.

Queste discussioni particolari, spinte al dettaglio del fenomeno, non possono avere evidentemente, per ora almeno, che interesse teorico.

Le teorie per ascensum, meglio delle altre, danno ragione dell'irregolarità dei depositi filoniani, o per meglio dire della non uniformità della massa dei filoni, per cui essi non solamente presentano sovente da punto a punto differenze di struttura, ma anche una notevole diversità nella distribuzione degli elementi metalliferi per rispetto ai litoidi, e grandi variazioni nella natura mineralogica delle diverse parti del filone. Così un filone può presentarsi, ad esempio, compatto per un tratto, poi composto: mostrare riempimento di galena e inferiormente di blenda: avere matrice quarzosa-baritica, ma per tratti presentare poi delle concentrazioni di calcite, ecc.

Dal punto di vista pratico, evidentemente converrà essere *eclettici* poichè se la maggior parte dei filoni ha evidentemente origine termale, non si può disconoscere che alcuni abbiano potuto formarsi per secrezione laterale, altri per sublimazione o anche per discensum. Per ogni caso singolo, che si presenta al minatore, converrà accettare la genesi che meglio corrisponde alla particolare natura del filone che si coltiva per non essere contraddetta da alcun fatto osservato.

69. *Età dei filoni.* — L'età dei filoni si usa farla coincidere coll'età della frattura, ma tale sincronismo, benchè probabile, è evidentemente arbitrario. Una frattura può, infatti, se apertasi in terreni duri, essersi mantenuta beante lungo tempo prima che sia stata mineralizzata: tuttavia è probabile che al fenomeno dinamico della rottura abbia fatto immediatamente seguito quello delle venute termali e quindi delle incrostazioni. A questo punto ci pare opportuno insistere sulla correlazione probabile della rottura e delle venute termali che produssero il riempimento. La frattura e il riempimento non sarebbero così due fenomeni nettamente distinti,

ma il secondo conseguenza del primo, nel senso cioè, che la frattura non solamente ha permesso il deposito, ma ha promossa o generata la circolazione mineralizzata nel filone, abbassando repentinamente la pressione nelle zone profonde di elaborazione.

Quindi è logico, sotto questo punto di vista, dedurre l'età dei filoni dall'età delle fratture, e per queste ultime si applicano i criteri già esposti (v. p. 32). Queste determinazioni però sono sempre assai vaghe per la mancanza di esatti riferimenti: Generalmente si limitano a stabilire in modo sicuro che il filone è posteriore alle roccie più giovani che esso attraversa. — Danno inoltre aiuto le induzioni che può suggerire l'orografia locale: Così le roccie più recenti, che sono interessate dai filoni metalliferi nella Sardegna, appartengono al Siluriano: L'età dei filoni sarebbe postsiluriana e quindi quasi indeterminata, per cui si riferiscono, con argomentazioni che non è qui il caso di enumerare, al sollevamento erciniano.

L'età delle roccie attraversate dai filoni fissa solamente il limite inferiore del periodo in cui avvenne la rottura. Per avere un limite superiore e precisare così l'età del filone, è necessario che si presentino formazioni d'età nota, non attraversate dalla frattura. Evidentemente allora tali roccie saranno più recenti del filone. Occorre però in tali casi aver presente che talvolta le roccie non furono attraversate dalla rottura, pur preesistendo ad essa, come può esser accaduto, ad esempio, per schisti un po' plastici. Il filone della miniera Entreprise al Colorado presentò appunto questo fenomeno, e cioè, pur essendo posteriore ai depositi superficiali, non li ha attraversati. Sono del resto noti parecchi filoni importanti che non presentano affioramenti alla superficie del suolo, pur essendo i terreni che li ricoprono più antichi del filone. Tuttavia, malgrado questi casi dubbi, subito si comprende come, arrestandosi la frattura filoniana contro un terreno d'età nota, si abbia generalmente una limitazione del tempo nel quale potè prodursi la stessa frattura.

72. *Giacimenti d'origine organica.* — I giacimenti metalliferi d'origine organica si limitano ad alcuni depositi di ossido idrato di ferro.

È noto che nelle bassure del Nord dell'Europa, e p. es. nella Pomerania, nell'Olanda, nella Finlandia, Svezia, ecc., e nel nord America, si coltivavano in passato i minerali di ferro detti *degli stagni*, i quali formano degli estesi strati di piccolo spessore (m. 0.50) che coprono quelle pianure. Presentemente si coltivano

ancora, specialmente in Svezia, i *minerali dei laghi*, minerali pisolitici di ferro, d'origine organica, che si dragano nei laghi. Questi minerali si rinnovano in un tempo relativamente breve.

I minerali di ferro degli stagni e dei laghi hanno entrambi origine organica e sono dovuti rispettivamente all'azione di alghe (*gallionella ferruginea*) e di altri organismi, che fissano il ferro che si trova disciolto nelle acque.

Questi giacimenti hanno modesta importanza industriale. Giacimenti di ferro assai più importanti, pure d'origine organica, sarebbero molti di quelli compresi negli schisti cristallini che sono ricchi di acido fosforico. L'acido fosforico proveniente dalle apatiti; pare, infatti, sia stato fissato da' vegetali e che poscia, passato per la decomposizione di questi ultimi allo stato di fosfato in soluzione, sia precipitato col ferro come fosfato metallico. Depositi analoghi a quelli di ferro e generalmente ad essi associati, sono quelli di manganese.

Un'azione mineralizzante indiretta possono avere, in qualche caso, esercitato gli organismi: Essi, decomponendosi, generarono dell'idrogeno solforato, il quale potè in condizioni particolarmente favorevoli produrre delle precipitazioni metalliche: soventi, infatti, i solfuri metallici depositati negli strati sono associati a bitume, che sarebbe un residuo organico. Una spiegazione di questo genere è sostenuta da alcuni pei giacimenti cupriferi del Mansfeld: Pare che nel bacino lagunare permiano del Mansfeld, alla fine del deposito del gres rosso, siavi stata una grande immissione di soluzioni metallifere, particolarmente cupriche, le quali resero impossibile nel bacino la vita animale: ne sarebbe seguita, per i prodotti solforati e gli idrocarburi che poscia si svolsero per la decomposizione dei resti organici, la precipitazione sul fondo del bacino, allo stato di solfuri, dei metalli che si trovavano in soluzione.

Lo schisto cupro-argentifero del Mansfeld è, infatti, bituminoso e ricchissimo di spoglie di pesci: esso misura una potenza di pochi centimetri, e riposa sul *gres rosso*, mentre è ricoperto dallo *zechstein*, costituito da un'alternanza di calcari magnesiaci, gesso e sale, e cioè, da prodotti d'evaporazione di un bacino lagunare.

Da molti oggi, invece, si ritiene che lo schisto marnoso del Mansfeld sia stato impregnato da soluzioni metallifere, venute dal basso posteriormente al deposito dello zechstein, e che si siano arrestate appunto allo schisto.

Un'azione analoga indiretta, pare abbiano avuto gli organismi per la precipitazione del mercurio allo stato di solfuro, o cinabro,

in alcune formazioni calcaree della Toscana, le quali si mostrano bituminose.

73. *Giacimenti d'origine meccanica.* — Questi giacimenti metalliferi sono dovuti allo sfacelo di formazioni mineralizzate primitive e ad una ulteriore preparazione meccanica subita dal materiale detritico, per cui gli elementi più leggeri furono asportati dalle acque, arricchendo di metallo il deposito secondario. — Nacquero così delle alluvioni che costituiscono, per l'alto tenore di metallo, dei giacimenti di grande importanza industriale: si comprende anche come alcuni metalli, ad esempio, il platino e l'oro, che nelle roccie originarie si trovano in rare disseminazioni, abbiano potuto concentrarsi in una certa quantità nelle alluvioni che provennero dal disfacimento di quelle roccie. I giacimenti alluvionali di ferro hanno poca importanza; assai più numerosi e importanti sono quelli d'oro, e pure importanti sono quelli di cassiterite Australiani e della penisola Malacca. Il platino si estrae quasi esclusivamente dalle alluvioni negli Urali (Goroblagodatsk, Nischne Tagilsk) ed in piccola quantità anche dalle alluvioni aurifere della Australia.

È naturale che i minerali od i metalli che formano i depositi alluvionali, siano quelli, come la magnetite, l'oro, il platino, la cassiterite, che sono relativamente pesanti e specialmente inattaccabili. Tuttavia si conosce anche qualche piccolo giacimento alluvionale di minerali di rame.

CAPITOLO II.

Dei giacimenti minerari

Giacimenti metalliferi. — Minerali di piombo, cenno geologico dell'Iglesiente - Argento - Zinco - Rame, cenno geologico del Massettano - Ferro - Mercurio - Oro - Antimonio - Manganese - Nichelio - Stagno - Alluminio.

Giacimenti non metalliferi: *lapidei:* Marmi - Calcari cementizi - Gesso Arenarie silicee - Ardesie - Barite - Tripoli - Pomici - Terre bolari - Pietre coti - Calcari litografici - Quarzo - Magnesite - Caolino - Amianto - Talco - Feldspati: - *di minerali:* Solfo - Petrolio - Asfalto - Borace - Salgemma - Grafite - Acido carbonico - Allumite - Fosforiti: - *di combustibili:* Torbe - Ligniti - Litantraci - Antraciti - Gas combustibili.

Materiali utili.

74. I materiali utili, che si trovano sparsi nelle formazioni terrestri, talvolta hanno la stessa origine delle formazioni che li racchiudono od origine analoga, altra volta hanno origine diversa. Così uno strato di carbone ha origine analoga a quella degli schisti che lo comprendono, mentre un filone eruttivo può avere, ad es. attraversato una formazione sedimentaria. Nel primo caso il giacimento utile sarà in concordanza con le formazioni che lo racchiudono, nel secondo caso non esisterà, in generale, alcuna relazione di posizione fra le due formazioni. I giacimenti di materiali utili hanno del resto le medesime origini delle altre formazioni terrestri, e in molti casi, per la loro estensione, costituiscono essi stessi delle vere formazioni. Così ad es. parecchi calcari impiegati nell'industria, molti giacimenti di sale, di ferro, d'oro, ecc.

Passeremo rapidamente in rassegna alcuni fra i più importanti depositi di materiali utili, distinguendoli in metalliferi e non me-

talliferi: faremo però menzione solo di quelli che trovano riscontro nel nostro paese, e prenderemo occasione di essi per illustrare, con qualche breve cenno, le nostre regioni minerariamente più importanti.

Fra i *minerali propriamente detti* si comprendono tutti i materiali metalliferi che servono all'estrazione dei metalli, ed inoltre altre sostanze, che pur non essendo metallifere, sono contemplate come minerali dalla legge: ad es. lo solfo, i petroli, il carbone. Evidentemente quindi la distinzione fra sostanze minerali e non minerali, intesa dal punto di vista montanistico, non è precisa, perchè affatto artificiale, essendo stabilita dalla legge. E siccome le leggi minerarie sono differenti nei diversi paesi, ed anche in uno stesso paese possono essere diverse da regione a regione, come ad es., accade in Italia, ne segue che la distinzione di sostanze minerali e non minerali è convenzionale, pur essendo localmente di grande importanza, essendochè le coltivazioni dei *minerali* danno luogo a *miniere,* che sono governate da leggi speciali, mentre le altre sostanze che si possono scavare originano le *cave,* la cui legislazione è affatto differente da quella delle miniere.

Un esempio varrà a ben chiarire questo concetto: nelle provincie di Parma e Piacenza vige la legge mineraria di Carlo III Borbone, per la quale le acque salso-bromo-iodiche, che si estraggono p. es. a Salsomaggiore, sono classificate fra i *minerali.* Per poter ricavare ed usufruire di tali acque, occorre quindi una concessione reale ed il pagamento di un canone annuo, corrispondente ad un decimo degli utili netti dell'impresa. Nella limitrofa provincia di Pavia esistono a Salice, presso Voghera, acque analoghe salso-bromo-iodiche, ma siccome colà vige la legge mineraria del Piemonte e Sardegna del 1859, che non considera come *minerali* le acque minerali, il proprietario del suolo ove esse esistono può sfruttarle senza chiedere alcuna licenza, nè pagare alcun onere.

Giacimenti metalliferi. — Daremo cenno dei giacimenti di minerali metalliferi che sono anche presso noi importanti.

75. **Piombo.** — Il piombo nativo è una rarità dei gabinetti di mineralogia. Esso si trova nel distretto d'Oerebro nelle fenditure di una dolomia, associato a minerali di manganese: qualche poco in Svezia, nel Messico ed a Passau (1). Il piombo dà luogo ad una

(1) Nelle profonde alluvioni degli Urali s'incontrò talvolta del piombo nativo, la cui presenza sarebbe però spiegata da Helmacker come dovuta alle armi da caccia.

sessantina almeno di specie mineralogiche, che si raccolgono per lo più allo stato di rari campioni nelle varie miniere. I minerali di piombo d'importanza industriale sono invece pochi: due principali, il *solfuro* (galena) ed il *carbonato* (cerussite). La galena è sovente argentifera; assai meno frequentemente, aurifera. Le varietà di galena senza argento si denominano talvolta *alchifus* dai stovigliai, che se ne servono per la verniciatura delle terrecotte.

Si riteneva che la galena a larghe faccie fosse povera d'argento, e ricca, invece, quella a piccolo grano, od a struttura fibrosa. Ciò può esser vero per una miniera, od anche per una regione, ma non ha tale distinzione alcun carattere generale: solo la coppellazione del piombo rivela la vera ricchezza di argento delle galene. Così ad es. la galena ricca d'argento di Brocken Hill è a larghi cristalli.

La matrice più frequente della galena è il quarzo, associato spesso con barite, calcite, ferro spatico, ecc. La galena è sovente associata a blenda e piriti; talvolta è arsenicale o antimoniosa.

La galena si presenta raramente in depositi stratificati: fra questi si possono citare quelli di Commern nelle provincie renane (Mechernich), quelli della valle della Naab (Palatinato) presso Freyhung, ove la galena si incontra in noduli nei gres, ed i depositi di Brochen Hill in Australia, del Michigam, Wisconsin e Illinois negli Stati Uniti.

La normale giacitura della galena è in filoni: Eccezionalmente vi sono dei depositi di galena in forma di colonne, come quelle classiche di Monteponi in Sardegna, oppure di *gashveins*, come a Tarnowitz in Polonia ed a Yowa nel Missisipì Superiore; più raramente la galena si trova in ammassi che sembrano aver riempite delle cavità per segregazione laterale, come quelli di Leadville nel Colorado e d'Eureka nel Nevada.

76. In quasi tutti i paesi s'incontrano miniere di galena più o meno importanti.

In Germania si produce della galena nell'Erzgebirge, nella Slesia, nella Prussia renana, in Vestfaglia presso Ramsbeck, nel paese di Siegen presso Ems, Braubach, ecc. — Nell'Austria, in Boemia, nel Tirolo, in Carinzia ed in parecchi punti dell'Ungheria. In Francia principalmente a Pontgibaud. In Spagna vi sono miniere molto importanti a Cartagena, a Linares, in Andalusia, ecc.; nel Belgio a Bleiberg ed a Corphalie; in Inghilterra nel Devonshire, in Cornovaglia, nell'isola di Man, nel Shropshire. Infine vi sono giacimenti di galena in Russia ad Allagir; in Grecia al Laurion, in parecchi punti della Turchia, ecc.

In America i paesi produttori di piombo più importanti sono gli Stati Uniti, il Messico ed il Brasile.

In Africa si coltivano miniere di piombo in Algeria e Tunisia.

Nell'Australia, nella Nuova Galles del Sud (Brocken Hill), nel Queensland, nell'isola di Tasmania vi sono miniere importanti di piombo.

La galena si presenta talvolta trasformata in carbonato di piombo. Questa trasformazione ebbe luogo specialmente ove la galena trovavasi incassata nei calcari, per doppia decomposizione: È un fenomeno secondario d'origine superficiale. A Cartagena ed a Linares in Spagna, al Laurion in Grecia, a Leadville nel Colorado (S. U.) ed a Brocken Hill si coltivano masse molto importanti di carbonato di piombo.

La maggior produzione di piombo è data dalla Spagna. A Horcaio, a Almagrera, a Mazzaron, a Linares vi sono ricchi filoni piombosi con ganghe di quarzo. A Linares la mineralizzazione dei filoni è disposta in colonne. Alla miniera El Horcajo si incontra il carbonato di piombo, proveniente dalla decomposizione del solfuro, a profondità assai rilevante sotto la superficie.

La Germania è assai ricca di miniere di piombo. I filoni dell'Harz (Rammelsberg, S. Andreasberg, ecc.) e sopratutto quelli di Claustal, sono celebri: questi ultimi formano un interessante sistema di fratture, che parte radialmente dalla valle Kellwasser, sopra Brocken, dirigendosi all'ovest, e questi filoni, che interessano generalmente schisti devoniani, hanno soventi riempimenti concrezionati, dovuti a pezzi di roccia incassante caduti durante il periodo della mineralizzazione nel filone, attorno ai quali si formarono successive croste concentriche di quarzo, galena e blenda: il riempimento è calcite ed ha seguito il deposito degli strati permiani.

Parimenti ben nota è la regione di Freiberg, in Sassonia, altra volta assai produttiva, ove sono conosciuti oltre 800 filoni. Essi si distinguono in diverse categorie, secondo la direzione che presentano e che corrisponde a mineralizzazioni diverse. I filoni di Freiberg hanno generalmente potenze di qualche decimetro, raramente raggiungono due metri: essi sono massivi. Furono esplorati a 600 m. di profondità; presentano oltre la galena, più o meno argentifera, mineralizzazioni di mispickel, blenda, pirite, ecc. La roccia incassante è dal gneiss a biotite.

Altri filoni piombiferi si trovano nel Nassau, presso Ems, dove la mineralizzazione è assai irregolare e le fratture sono poco mar-

cate: Tuttavia due filoni sono colà particolarmente importanti (Mercur e Friedrichssegen) e raggiungono per punti 10 m. di potenza.

L'Austria possiede miniere di piombo nella Stiria a Bleiberg; in Boemia a Kuttenberg, a Mies ed a Pzibram, dove i filoni, che raggiungono fino sei metri di potenza, si mostrano mineralizzati di galena, blenda, siderite, con presenza talvolta di argento nativo, pirargirite, tetraedrite, ecc. Essi furono seguiti fino a 1200 m. di profondità, mostrandosi sempre ben mineralizzati.

Le contee inglesi più importanti per la produzione del piombo, sono quelle di Galles, di Cornovaglia e del Devon. Il numero delle miniere di piombo attive in Inghilterra è considerevole: Mill Close nel Derbyshire, Halkyn nel Flintshire e Foxdale nell'isola di Man, sono però le sole importanti. La maggior parte dei giacimenti di piombo inglesi si trova nel carbonifero; il filone di Foxdale invece ha sede nei graniti.

La Francia conta le miniere di Pontgibaud, Poullaouen, Vialas e Aveyron. A Pontgibaud i filoni attraversano i graniti: essi contengono galena commista a blenda, pirite, rame grigio, con ganga di quarzo, barite e fluorina. Le zone più mineralizzate formano quasi delle striscie di 50 m. di larghezza e di direzione verticale.

4. In Italia vi sono numerose miniere di piombo, quelle però dell'Italia continentale hanno piccola importanza industriale. C'è qualche poco di galena nelle provincie di Torino e di Cuneo e ad Auronzo nel Veneto.

Le nostre principali miniere di piombo si trovano nell'Iglesiente in Sardegna.

77. *Cenno della regione:* È l'Iglesiente, dal punto di vista minerario, certamente la regione più importante d'Italia per i ricchi giacimenti di minerali di piombo e di zinco che racchiude. L'Iglesiente occupa buona parte della regione sud-ovest dell'isola, e prende il suo nome dalla città d'Iglesias, l'antica Villa di Chiesa dell'epoca pisana. L'industria mineraria data nella contrada da epoca antichissima: Le principali miniere dell'isola contano numerose vestigia di scavi assai remoti. Certamente le miniere sarde furono coltivate all'epoca romana, ma assunsero speciale importanza durante la dominazione pisana, alla quale epoca appartiene uno dei più antichi codici minerari: il breve di Villa di Chiesa.

Oltrechè nell'Iglesiente vi sono in Sardegna giacimenti minerari nella regione Sulcitana che confina a nord-ovest coll'Iglesiente; nel Sarrabus che si trova nella parte sud-est dell'isola, ben noto

per i ricchi giacimenti d'argento che vi furono sfruttati ed anche per alcune discrete miniere d'antimonio: Nella parte nord-est dell'isola si coltivano alcune miniere di piombo e d'argento: infine, nella parte settentrionale — nella Nurra — presso Porto Torres, esiste un importante giacimento di piombo argentifero e di blenda, coltivato da tempo assai antico. Nella Sardegna meridionale, presso la costa occidentale dell'isola, si trova infine l'isoletta di S. Pietro, che contiene un giacimento di manganese di qualche importanza industriale.

Oltre minerali metalliferi, l'isola presenta anche dei combustibili fossili: a Seui, località non lontana dal Porto di Tortoli, si sfrutta un giacimento di antracite, e nel bacino terziario d'Iglesias si coltivano delle miniere di lignite picea che trova largo impiego nell'industria locale.

La regione dell'Iglesiente presenta principalmente tre terreni. Nella parte centrale si ha una formazione cambriana a cui fa quasi corona il *calcare metallifero* della regione, costituito da calcari dolomitici d'età imprecisabile per l'assoluta mancanza di fossili: detto calcare pare affiori fra gli schisti siluriani. Nella parte settentrionale dell'Iglesiente si mostra in forma d'altopiano un esteso massiccio granitico che ha, in più punti del contatto, metamorfizzato gli schisti.

I depositi minerari abbondano nella formazione calcarea ed in quella siluriana ed al contatto delle due formazioni; sono invece pressochè senza importanza negli schisti cambriani. Il calcare metallifero è la sede dei depositi calaminari, che hanno grande importanza nella regione: esso però contiene anche importanti giacimenti di piombo, d'origine filoniana.

I filoni metalliferi dell'Iglesiente interessano specialmente gli schisti siluriani. La direzione dei filoni produttivi è sovente est-ovest, talvolta nord-sud: i filoni di contatto non hanno direzione costante, ma naturalmente seguono i contatti fra i calcari e gli schisti. A Montevecchio, che si trova a nord dell'altopiano granitico cui si accennò in precedenza, si coltiva un grandioso fascio filoniano a ganga di quarzo con un po' di barite e calcite. La produzione di Montevecchio rappresenta da sola la metà della produzione italiana di piombo. Tale miniera è sorta verso il 1850. I filoni di Montevecchio pendono tutti verso Nord e corrono, a qualche chilometro di distanza, parallelamente al contorno del masso granitico Arborese. Mostrano dei bellissimi affioramenti, che, per essere di quarzo durissimo, sporgono per più metri dal complesso schi-

stoso che li racchiude (fig. 20). L'andamento dei filoni paralleli costituisce un sistema E. W. che è però in più punti tagliato da incrociatori diretti N. S. (fig. 21). La galena è argentifera.

Altri filoni dell'Iglesiente sono quelli di Ingurtosu e Gennamari, prolungamento ovest del fascio di filoni di Montevecchio; quelli di S. Giovanni, Malacalzetta, Nebida, ecc.

Ben nota per la sua particolare giacitura è la miniera di Mon-



Fig. 20.

teponi, ove nel piano di contatto dei banchi di calcare e dei banchi di dolomia, che sono colà regolarmente disposti, si trovano intercalate delle irregolari colonne di galena poverissima d'argento, disposte non già secondo la maggior pendenza degli strati, ma con una inclinazione minore. Il Philipps da molti anni ha accennato alla disposizione di dette colonne sul contatto del calcare e della dolomia della regione.

Altra giacitura caratteristica è quella offerta dalle antiche masse di Masua, dove il minerale, sopratutto carbonato, si trovava fram-

misto a minerale di zinco, calcare e argilla, a formare una massa caotica entro enormi imbuti di oltre 100 metri di diametro, che scendono a rilevante profondità. Coll'approfondirsi degli scavi si constatò che i solfuri rimpiazzano i minerali ossidati con prevalenza della blenda sulla galena.

Malacalzetta, S. Giovanni, ecc. sono altre importanti miniere di piombo della Sardegna, la quale possiede anche all'estremo Nord



Fig. 21.

nella Argentiera della Nurra, come si disse, un altro importante giacimento di piombo coltivato.

Il valore della produzione dei minerali di piombo dei diversi Stati Europei è così ripartito *in milioni di lire:*

Prussia	24.—
Spagna	18.50
Inghilterra	7.—
Austria-Ungheria	5.50
Francia	3.—
Italia	8.—

78. **Argento.** — I minerali d'argento che hanno importanza industriale sono: l'argento nativo, il solfuro (o argirose), i solfoarseniuri e antimoniuri d'argento (proustite, polibasite, pirargirite, miargirite e discrasite), il rame grigio (tetraedrite) ed infine i cloruri, bromuri, joduri d'argento, minerali d'origine secondaria che si riscontrano specialmente negli affioramenti di alcuni giacimenti argentiferi americani.

La produzione d'argento europea è data in gran parte dal trattamento colla coppellazione del piombo argentifero, o d'opera, ottenuto dalle galene. L'argento nelle galene si trova allo stato di solfuro isomorfo, od anche semplicemente disseminato nella massa piombosa.

Le miniere d'argento non sono in Europa nè molto numerose, nè molto ricche.

In Norvegia, a Kongsberg, si trova dell'argento nativo e della pirargirite, come, del resto, nelle altre miniere europee; in Sassonia a Freiberg, Schneeberg, ecc. si trovano l'argirose, la proustite, la polibasite, ecc. associate sovente con minerali di cobalto: in Ungheria, presso Rosenau, si coltiva dell'argento amalgamato e in altri punti si hanno dei solfuri e antimoniuri di argento (Schemnitz).

Nell'Harz (S. Andreasberg), in Boemia (Pzibram), nel ducato di Baden (Wolfach), in Spagna (Guadalcanal e altrove), in Francia (Huelgoat, Allemont) ed in Russia vi sono pure miniere d'argento.

L'America invece conta numerose e assai ricche miniere d'argento, specialmente negli Stati di Michigan, di Nevada, di Idaho al Colorado, al Messico (Batopilas, Potosi, Parenos, Pachuca, Real Monte), al Perù (Coronel, Loyse, Huancavelica), al Chile (Carnacillo), in Bolivia (Huanchacas) per citare, fra tutte, miniere note ed importanti per la loro produzione. Miniere d'argento s'incontrano nell'Altai in Siberia; in Australia, nella Nuova Galles del Sud (Brocken Hill), ecc. L'argento si presenta assai raramente stratificato, come nei gres di Utah negli Stati Uniti; la sua normale giacitura è filoniana, sovente in ganghe di spato calcare o di quarzo: presentasi associato ad altri minerali, come la galena, la blenda, la pirite, la calcopirite, ed in alcune regioni è accompagnato da minerali di cobalto più o meno antimoniosi ed arsenicali, da mercurio, da rame, ecc.

Alcune miniere di rame producono anche dell'argento: fra queste si citano quelle del Mansfeld, che coltivano un sottile strato di schisto cuprifero ricco d'argento.

La produzione dell'argento dei vari paesi non dà idea esatta

della potenzialità delle miniere d'argento, ricavandosi, come già si disse, in quantità grande dal trattamento del piombo d'opera.

79. In Italia ebbe importanza per un decennio il filone argentifero del Sarrabus in Sardegna, incassato negli schisti siluriani della regione e che si mostra in relazione a dicchi porfirici e granulitici.

Il filone del Sarrabus è un E-W a ganga quarzoso baritica, con fluorina e calcite. La sua lunghezza è superiore a 35 km. Presentemente le coltivazioni sono quasi abbandonate: Il minerale argentifero si presentò disposto in lenti, separate da zone sterili. La barite e la fluorina, che costituiscono parte delle ganghe del filone prossime agli affioramenti, diminuiscono, come pure diminuì l'argento, in profondità. Il minerale argentifero è accompagnato da pirite e lungo le sponde del filone da schisti neri grafitici. I minerali sono argento nativo, solfuri multipli e galena molto ricca di argento: il filone del Sarrabus ha presentato un notevole impoverimento alla profondità raggiunta coi lavori.

In Sardegna altre località (Correboi, Saperda, ecc.) diedero bellissimi minerali d'argento nativo.

80. **Zinco.** — I minerali di zinco non sono molto numerosi: alcuni come la Wurzite (varietà di solfuro esagonale), la Zincite (ZnO), la Adamina (arseniato), la Millerite (silicato) hanno solo importanza mineralogica. Importanza mineraria hanno invece la ***blenda*** (solfuro) e la ***calamina*** (sotto questo nome si comprende promiscuamente, nelle miniere, il silicato e il carbonato di zinco). La blenda è d'origine primitiva; la calamina d'origine secondaria, e nata per reazione del solfuro sulle roccie calcaree incassanti.

La produzione di minerali di zinco in Europa è in milioni:

Prussia	80.—
Francia	12.—
Italia	27.—
Spagna	10.—
Austria Ungheria	3.50
Belgio	0.40

La blenda si presenta talvolta, ma assai raramente, in strati, come a Ammeberg ed a Langfalls in Svezia, dove costituisce una serie di lenti più o meno irregolari. La giacitura normale della blenda è il filone, nel quale essa trovasi associata quasi sempre con galena, pirite, ecc.

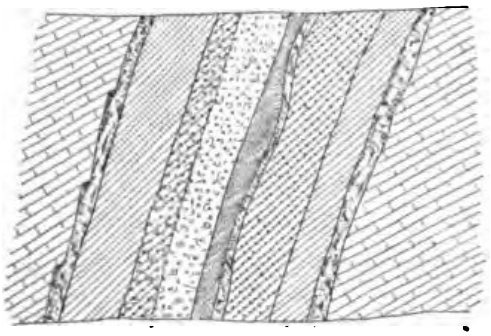
La calamina presentasi pure in filoni nei calcari, od in masse

più o meno irregolari racchiuse nei calcari. Le blende decomponendosi a contatto dei calcari, originarono la calamina. Un bell'esempio di trasformazione non ancora compiuta, ci è dato dal filone della miniera di Montecani in Sardegna (vedi fig. 22). Il filone, originariamente di blenda, è attraversato da un diaframma di schisto e si è trasformato in calamina a contatto del calcare incassante: la trasformazione avvenne *in situ* nel calcare. In altri casi le soluzioni zincifere si sono spostate ed interessarono invece masse calcari limitrofe, riempiendo delle tasche o deponendosi a formare degli ammassi più o meno irregolari nei calcari stessi.

In Svezia ad Ammeberg e Coppaberg si coltivano miniere di zinco, come pure nella Prussia presso Iserlohn in Vestfaglia, ad Aachen, nelle provincie renane a Bleischarley, nella Sassonia, ecc., e principalmente nella Slesia.

In Russia vi sono miniere di zinco a Allagir.

Nell'Austria si coltivano calamine a Railb ed a Bleiberg, nella Polonia, nella Boemia si coltivano blende a Pzibram, a Mercline ecc.



C calcare. A salbande. B calamina.
D argilla. S schisto. E blenda.

Fig. 22.

La Francia ha miniere di calamina e di blenda sul Garde, nell'Herault e nella Creuse, oltrechè in Algeria e Tunisia.

Nella Spagna del Nord vi sono i giacimenti di Picos d'Europa, dove su una lunghezza e larghezza di 2 km. in fenditure del calcare carbonifero, si trovano masse importanti di calamina e di blenda, come pure nel Guipazcoa, nella provincia di Santader, ove la calamina pare giaccia in calcari giurassici.

L'Inghilterra possiede alcune miniere di calamina e blenda nelle formazioni paleozoiche del Cumberland, di Wales, d'Anglesea e nell'Isola di Man.

Nel Belgio v'erano importanti giacimenti di calamina, ora esauriti, al Morisnet presso la frontiera orientale, a Corphalie ed Engis.

In Grecia sono geneticamente importanti le miniere del Laurion, dove si presentano calcari e marmi a più riprese alternati con schisti: la formazione è attraversata da filoncelli, che nel calcare si allargano, sopratutto a contatto degli schisti, formando masse irregolari di calamina con limonite e minerali di piombo.

In America vi sono numerosi giacimenti di minerali di zinco a New-Yersey, nel Kentuncky, Illinois, ecc.

81. In Italia vi sono parecchie miniere di calamina e di blenda. In Val Seriana vi ha una miniera molto importante, in cui la giacitura del minerale pare in alcuni punti effetto di riempimento di cavità tubulari, aperte dalle acque nella dolomia triasica della regione.

Nel Massetano vi sono formazioni zincifere impure (minerali misti), con arricchimenti di calamina sul contatto dell'eocene col retico.

La Sardegna è ricca di calamine: vi è qualche giacimento nella parte nord dell'Isola (Alghero): la calamina riscontrasi anche nei calcari giurassici di Monte Alvo, ma essa è notevolmente povera di zinco. I depositi più importanti si trovano nel calcare metallifero dell'Iglesiente. Le miniere di Malfidano, Nebida, Acquaresi, Monteponi, S. Giovanni, ecc. sono fra le più note.

La calamina trovasi nella Sardegna in giaciture diverse: In masse informi intercalate nel calcare od in grandi colonne, in grandi tasche ed infine in filoni. Così a Malfidano si coltivano grandi ammassi, racchiusi nel calcare, collegati l'un l'altro da ramificazioni. A Masua ed a Nebida la calamina si presenta in ricche colonne; a S. Benedetto, Seddas Moddizzis ecc., in tasche, che sembrano riempite dall'alto (fig. 23).

In filoni nei calcari, ed anche in strati intercalati negli schisti, s'incontrano minerali di zinco nel Sulcis, ed infine come impregnazioni molto rimunerative nei banchi calcari di Planu Sartu (fig. 24) ove le soluzioni zincifere, penetrate fra le connettiture degli strati calcarei, che sono colà quasi raddrizzati, depositarono della calamina in ricche ed estese zone.

Parecchie miniere di piombo della Sardegna coltivano della blenda che si trova associata alla galena. Sembra che le due venute, piombifera e zincifera, siano state distinte, tuttochè separate da breve intervallo di tempo, e la venuta zincifera pare in molti casi posteriore a quella piombosa.

Le miniere dell'Argentiera, di Ingurtosu, di Montevecchio hanno notevoli produzioni di blenda.

82. **Rame.** — I minerali di rame sono assai numerosi, e molti fra essi hanno importanza industriale: fra questi ultimi, oltre il rame nativo che in grandi quantità si è trovato nella regione del Lago Superiore (Michigam), a Santa Rita (Nuovo Messico), nel Chile (Coro-Coro) e nell'Australia (Burra-Burra), sono generalmente

sparsi in grandi masse i solfuri, gli arseniuri, antimoniuri a basi multiple (calcosina, calcopirite, philipsite, tetraedrite ecc.) oltrechè, in alcune regioni hanno importanza i carbonati (malachite, azzurrite) e gli ossidi (cuprite).

I minerali di rame semplici e complessi si presentano in tutte le giaciture, e cioè in strati, in ammassi ed in filoni.

Il valore della produzione dei minerali di rame è così ripartito in milioni di lire:

Germania	38.—
Spagna	56.—
Italia	4.—
Austria	0.80
Inghilterra	0.50
Francia	0.38

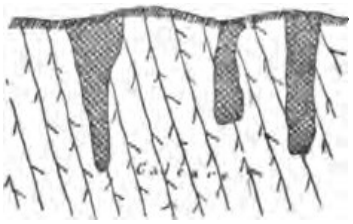


Fig. 23.

Le più importanti miniere della Germania sono quelle del Mansfeld presso Eisleben. Lo strato cuprifero del Mansfeld, di solo qualche centimetro di spessore, contiene vari minerali, fra cui ha principale importanza l'argento. Lo strato del Mansfeld si depositò sul fondo di un esteso bacino formato dal *gres rosso*, e fu ricoperto per una potenza di 200 ÷ 300 m. dallo *zechstein*, deposito marino pure permiano. Lo schisto cuprifero è bituminoso e ricco di spoglie di pesci: esso fu poco dislocato e copre più decine di ettari d'estensione, con una ricchezza in rame del 3 %. — Un altro giacimento stratificato è quello di Rammelsberg presso Goslar. I giacimenti di Kupferberg nella Slesia e di Kamsdorf in Turingia sono invece filoniani.

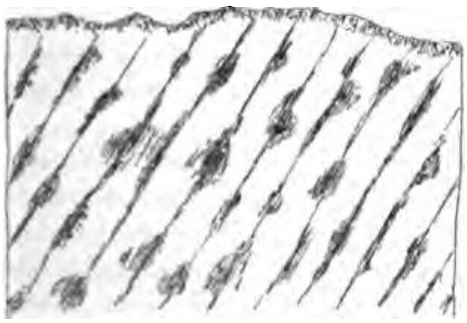


Fig. 24.

La Spagna conta principalmente i colossali ammassi di Huelva (Riotinto, Tharsis), di forma lenticolare, incassati negli schisti paleozoici ed in relazione a porfiriti, con potenze che raggiungono nell'ammasso S. Dionisio 150 metri. Il minerale è pirite cuprifera al 2,8 circa per cento di rame, poverissima di quarzo e sovente con arsenico.

L'Austria possiede miniere di rame presso Starkenbach, Radowenz, Graslitz in Boemia, nel Tirolo a Hallwanzig, in Stiria.

L'Ungheria a Schmöllnitz, ecc. L'Inghilterra ha miniere di rame, sovente in relazione a depositi di stagno, in Cornovaglia e nel Devon. La Russia possiede parecchi giacimenti di rame negli Urali, nel Caucaso, nel distretto di Perm e d'Orenbourg, ove si coltivano vari strati di gres di qualche decimetro di potenza, nei quali il rame trovasi disseminato a nidi. Nel Nord, in Finlandia, in Svezia e Norvegia ed anche in Lapponia si coltivano alcuni giacimenti cupriferi.

La Francia ha le miniere di S. Bel, nelle quali il minerale si presenta in lenti negli schisti cloritici.

L'America conta tanto al Nord come al Sud importantissime miniere di rame: Al Lago Superiore, nella penisola di Keweenaoo si trovano strati di conglomerati e gres impregnati di rame nativo, che danno vita a grandi miniere, fra cui quelle di Calumet e Hecla. Negli Stati di Wisconsin, Minnesota, Arizona, Montana, Tennensee si trovano pure numerose miniere di rame.

Nell'America del Sud, in Bolivia, a Coro-Coro ed a Cobrizos, si coltivano strati permiani con rame nativo; altre miniere di rame, parimenti importanti, esistono nel Chilì.

In Australia vi sono le miniere di Burra-Burra, di Wallaroo e di Moonta, come pure quelle della Nuova Galles del Sud. Giacimenti di rame esistono infine nell'Altai, al Congo, nell'Africa del Sud, nel Giappone, ecc.

82. L'Italia possiede parecchi giacimenti di rame: in Piemonte nella zona delle roccie verdi, a Chiarlamberto, Ollmont, Beth e Ginivert, ecc.; nella Toscana e Liguria vi sono parecchie miniere subordinate alle roccie ofiolitiche, ed infine nei dintorni di Campiglia ed a Massa Marittima si coltivano alcuni filoni di pirite e calcopirite. Si deve inoltre accennare al giacimento di Agordo nel Veneto, grande ammasso di pirite intercalato negli schisti con 2 °/₀ di rame, che è attivamente coltivato per la fabbricazione dell'acido solforico. Le nostre principali miniere di rame sono quelle di Montecatini e di Massa Marittima. La pirite della miniera di Gavorrano è priva di rame.

83. *Cenno del Massetano.* — La regione che si estende da Grosseto alla valle della Cecina è certamente, dopo la Sicilia e la Sardegna, la più importante d'Italia per la sua varia ed estesa mineralizzazione. In essa trovansi infatti le celebri miniere di mercurio di Monte Amiata, di cui daremo più innanzi un cenno, i bacini lignitiferi di Casteani, Monte Massi, Monte Rufoli, Monte Bamboli; i soffioni boraciferi di Larderello, Castelnuovo, Monterotondo; le

miniere di rame subordinate alle eufotidi di Montecatini di Val Cecina, Monte Castello, Rocca Federighi; il giacimento d'antimonio della Carboniera; quello di cassiterite, non coltivabile, di Campiglia, ed infine la regione Massetana o di Massa Marittima, particolarmente interessante dal punto di vista minerario.

Lo sviluppo dell'industria mineraria rimonta nel massetano ad una grande antichità. Nel secolo XIII le miniere erano già regolate da un apposito codice, ma giacquero poi abbandonate fino alla metà di questo secolo.

L'ossatura geologica del Massetano è formata da tre terreni discordanti fra loro, che sono il permiano, il retico e l'eocene. Al Nord di Massa Marittima esiste un'importante formazione liasica, ma essa trovasi però al limite settentrionale della regione ed ha importanza minore delle precedenti. Il permico è costituito nella località da schisti verdi micacei, il retico da un calcare grigio o giallo quasi sempre spugnoso, l'eocene è il tipico d'Italia, costituito da banchi di calcare e di argille più o meno scagliose. Sul finire dell'eocene la regione, in gran parte sommersa, subì un violento sollevamento, accompagnato da fenomeni dinamici che contorsero e tormentarono gli strati, fessurandoli ove non si presentavano sufficientemente plastici. La direzione principale dei litoclasi è nord più o meno ovest e sud più o meno est; quella cioè delle maggiori formazioni metallifere italiane, e corrispondente al sollevamento degli Appennini. Delle spaccature secondarie sensibilmente perpendicolari alle principali, si formarono in pari tempo di queste.

I giacimenti della Massetana sono dovuti a questi sistemi di spaccature: essi sono dunque di natura essenzialmente filoniana; rappresentano, cioè, dei riempimenti di spaccature preesistenti, spaccature che l'azione dissolvente delle acque e delle soluzioni mineralizzate potè ingrandire sensibilmente ogni qual volta trovò nelle sponde dei materiali facilmente attaccabili: nel caso nostro, il calcare retico e quello eocenico. Essenzialmente nella regione i filoni coltivati sono due: quello di Bocheggiano e quello della Fenice Massetana. Quest'ultimo si trova nell'eocene, è a ganga quarzosa e mineralizzato da pirite e da calcopirite. Nel senso della sua direzione ed inclinazione presenta disposizione a rosario, e cioè una serie di restringimenti e di allargamenti: di più ogni qual volta contro il filone vengono a cozzare le testate dei banchi di calcare eocenico, si osserva che la mineralizzazione si espande nei calcari e talvolta in modo così intenso da permetterne per qualche metro

la coltivazione. L'eocene tutt'intorno al filone è alterato, e l'affioramento, che si può seguire per oltre 4 km., presenta un cappello di ferro caratteristico.

L'altro filone è quello di Boccheggiano, che è forse il più bello dell'Italia continentale: corre da N.N.O. a S.S.E. e presenta dei bei liscioni a letto, con salbanda di frizione verso Nord: il filone è compreso fra il permico a letto e l'eocene a tetto, mentre verso Sud trovasi nel retico: l'influenza delle sponde sulla natura del filone è evidente. La potenza del filone è circa 40 metri.

84. Nella Toscana ed in Liguria vi sono parecchie miniere di rame, subordinate alla formazione ofiolitiche, a Gallinaria, Monte Loreto, Bargone, ecc.

Fra tutti i giacimenti di questa specie però quello di Montecatini di val Cecina è il più importante e mostra un esempio tipico di segregazione. Fra due grandi masse di diabase distanti fra loro 200 metri ed aventi ciascuna 1 km^2 di estensione, incassate nei calcari eocenici, si trova, specialmente al contatto col calcare, o colla serpentina, o coll'enfotide della regione, del minerale di rame in lenti più o meno importanti, racchiuse in una massa argillosa. Sembra sia in tali giaciture una regola che quando la serpentina o l'enfotide non è decomposta, mancano le concentrazioni di minerali di rame. Delle vene mineralizzate attraversano però in più punti la diabase. Il minerale di Montecatini è assai ricco (oltre il 25 % di Cu) ed è composto principalmente di calcopirite con philippsite e calcosina. Il giacimento coltivato presenta all'affioramento, in prossimità del Pozzo Alfredo, lo spessore di qualche centimetro, mentre a 150 metri di profondità raggiunge la potenza di 100 metri: oggi la massa principale è completamente sfruttata e si coltivano le antiche ripiene.

Le roccie verdi delle Alpi occidentali comprendono una serie potente di filladi, o schisti micacei e calcoschisti, con interstratificazioni pure potenti di serpentine, cloritoschisti, diabasi ecc.: in queste formazioni, probabilmente per segregazioni magmatiche, si incontrano in più punti depositi cupriferi, fra i quali di qualche importanza è quello stratiforme del Beth e Ghinivert.

85. **Ferro.** — I minerali di ferro che trovano impiego nella siderurgia sono i carbonati e gli ossidi. Le piriti servono esclusivamente per la fabbricazione dell'acido solforico: però i residui della grigliatura delle piriti sono talvolta lisciviati ed impiegati come minerale di ferro. I minerali di ferro sono assai abbondanti in natura, ma hanno grande importanza industriale i soli giaci-

menti che si trovano in relazione coi distretti carboniferi o vicini al mare. I minerali degli stagni e dei laghi hanno solo importanza locale: i minerali di ferro d'impiego metallurgico sono, la *siderite* o carbonato: colle sue varietà argillose o carboniose (sferosideriti e *blackband*), le *ematiti* rosse e brune, e la *magnetite*. I minerali di ferro si presentano in tutte le giaciture ed appartengono a tutte le epoche geologiche.

La *siderite* è un minerale primitivo: decomponendosi ha dato luogo alle ematiti. I giacimenti di carbonato di ferro sono oltremodo numerosi ed importanti in natura: essi si presentano in forma filoniana o di strati. Il carbonato di ferro talvolta costituisce la ganga di parecchi filoni di piombo, di blenda, ecc. La siderite è un minerale pregiato, perchè facilmente riduttibile, generalmente puro, e sovente ricco di manganese, elemento questo assai apprezzabile in siderurgia.

In alcune contrade carbonifere i depositi di siderite sono intimamente mescolati a litantrace od a argille. Queste varietà prendono il nome di sferosideriti carboniose o argillose: le prime costituiscono gli strati produttivi di minerale di ferro del carbonifero e prendono generalmente il nome di *black-band*.

Le *ematiti* si distinguono in rosse e brune: le prime sono assai più pregiate delle seconde perchè pure, prive generalmente come le sideriti, o povere, di solfo e di fosforo. Varietà cristalline sono il ferro oligisto, l'ematite micacea, ecc.

Le ematiti brune sovente sono inquinate di solfo e fosforo: si presentano in masse o talvolta anche in grani. Il minerale detto degli stagni, e quello dei laghi, appartengono a questa categoria.

La *magnetite* forma sovente delle imponenti masse nei terreni antichi. È un minerale talvolta assai puro, altre volte fosforoso o inquinato da solfo, di riduzione meno facile delle sideriti e delle ematiti.

Il paese più ricco di miniere di ferro è l'Inghilterra: Giacimenti potenti di ricche ematiti esistono sulla costa occidentale, mentre si trovano ad oriente estesi strati di minerale carbonifero (*black-band*) come pure nella parte centrale. Il black-band si alterna cogli strati di carbon fossile: Nella contea di Galles vi sono delle sideriti manganesifere.

La Germania è assai meno ricca di ferro dell'Inghilterra: Essa ha giacimenti di minerale carbonifero in Vestfaglia ed in Slesia; giacimenti oolitici a Peine e Iselde; sideriti nel paese di Wetzlar e della Lahn, oltre qualche piccolo giacimento in Sassonia, e infine

importantissimi di minerali oolitici, fosforosi, nella Lorena e nel Lussemburgo.

L'Austria ha miniere di ferro presso Kladno in Boemia, e masse di carbonato di ferro colossali nella Stiria. All'Ungheria fa contorno, al confine, una numerosa serie di giacimenti di ferro, taluni di grande importanza, come quelli di Dobsina nel Nord e di Gialar nel Sud.

La Svezia è ricchissima di miniere di ferro nella parte centrale, e colossali ammassi di magnetite si trovano oltre il circolo polare a Luossawaara e Kirunavaara presso il golfo d'Ofoten.

La Russia ha miniere di ferro importantissime lungo i due versanti degli Urali, e nel centro al Krivoi-rog, all'ovest del bacino carbonifero del Donetz.

La Francia è assai povera di giacimenti di ferro, mentre la Spagna possiede parecchie miniere, fra cui quelle celebri di limoniti ed ematiti brune purissime di Bilbao nelle Asturie.

86. L'Italia conta numerosi piccoli giacimenti di siderite nelle Alpi lombarde, poco coltivati, e della magnetite in Val d'Aosta, non coltivata affatto.

Nell'isola d'Elba sta la principale ricchezza di ferro del nostro paese; tali giacimenti però non contengono verosimilmente che circa 12 milioni di tonnellate di minerale. Il minerale si trova all'Elba in cinque miniere, scaglionate da Rio a Capo Calamita, non molto lungi dalla costa orientale dell'isola. Nelle prime tre miniere si ha puro oligisto, nella quarta dell'oligisto manganesifero ed infine nella quinta, a Capo Calamita, della magnetite. I giacimenti sono superficiali e appoggiano su quarziti e gneiss antichissimi, tuttavia si ritengono appartenenti i depositi minerali al terziario. Altri giacimenti di ferro esistono in Calabria e in Sardegna, ma, almeno per ora, non hanno importanza industriale.

87. **Mercurio.** — Il *minerale* di mercurio è il cinabro che si presenta nelle miniere come impregnazione di roccie o d'argille. Il mercurio in natura è assai più diffuso di quanto può credersi, ma solo raramente dà luogo a giacimenti d'importanza industriale.

La produzione del mercurio è presso a poco la seguente in milioni di lire:

Spagna	4.00
Austria	2.50
Italia	1.60
Stati Uniti	6.00

Le principali miniere di mercurio sono quelle di Almaden in Spagna, di Idria in Carniola e di Nuova Almaden in California. L'Italia possiede alcune miniere nella Toscana. Altre miniere sono in Russia, nel Messico, nella Colombia e nel Brasile dove esistono giacimenti di mercurio. Nel Perù si coltivava altra volta l'importante giacimento di Huancavelica, oggi esaurito; ora si coltivano altri giacimenti a Santa Cruz ed a Chonca: parimenti il bel giacimento di Monte Avala, in Serbia, più non produce. Il Chilì ha il giacimento filoniano di Punitaqui. La China possiede alcune piccole miniere di mercurio nella provincia di Kwei-Chau; il Giappone a Senday ecc.

Il cinabro è assai diffuso e lo si trova in tutti i terreni geologici, dai più antichi ai più recenti, ed in tutte le qualità di roccie, gres, conglomerati, argille, quarziti, calcari, schisti, serpentine, roccie vulcaniche, ecc.: però pare che in generale lo si ritrovi nelle regioni che furono sedi di antichi vulcani. La giacitura rivela che il cinabro ha origine termale o solfatariana.

Il deposito più importante di cinabro che si conosce è in Spagna, ad Almaden, nella Sierra Morena, dove tre strati di gres, impregnati di cinabro, sono interstratificati quasi verticalmente con quarziti, argille e calcare siluriano. Il minerale contiene il 10 % di cinabro. La Spagna ha pure mercurio presso Orviedo.

Il deposito di mercurio d'Idria in Carniola è ritenuto terziario, benchè esso interessi roccie triasiche: ad Idria il cinabro impregna strati di conglomerati e di breccia calcarea; riempie fessure e forma una specie di stockwerk. Il minerale ha un medio tenore del 0.5 ÷ 0.8 %. Un piccolo giacimento di mercurio esiste a Littai, pure nella Carniola.

La California possiede parecchie miniere di mercurio: la più importante è Nuova Almaden, in cui la giacitura del cinabro è simile a quella della miniera d'Idria. I gres però sono mezoici, in relazione a serpentine ed a roccie dioritiche.

Parimenti alla miniera Great Western, presso S. Francisco, il cinabro si trova nei gres mesozoici a contatto di serpentine.

Al Sulphur Bank il cinabro si deposita tutt'oggi per azioni solfatariane. Fenomeni analoghi s'osservano al Steam-boat-Springs nel Nevada.

In Russia la principale miniera di mercurio è quella di Nikitovka nel bacino carbonifero del Donetz. Il tenore del minerale è inferiore al 6 %.

88. In Italia abbiamo parecchie miniere di mercurio nella re-

gione del Monte Amiata, presso Santa Fiora (Grosseto): accenni nelle miniere metallifere di Sardegna.

Al Sud del Monte Amiata, nel terziario, si ebbero estese emanazioni cinabrifere, che interessarono i calcari del lias, il calcare nummulitico, le arenarie e l'alberese dell'eocene ed anche la trachite, dando luogo a numerose miniere produttive, come quelle del Cornacchino, del Siele, di Abbadia S. Salvatore, Cortivecchia, Montebuono, Solforate.

Il minerale si trova nella regione nelle giaciture più differenti. Talvolta si presenta quasi puro, in sottili venette nelle ftaniti; altre volte arricchisce delle argille che formano degli ammassi nel calcare, quasi che l'argilla cinabrifera avesse riempito delle irregolarissime grotte preesistenti, come al Cornacchino. Nella miniera del Siele l'argilla cinabrifera forma invece delle colonne ramificate nel calcare, o al contatto del calcare cogli schisti, che si profondano per oltre 200 metri. A Cortivecchia il cinabro si presenta in arnioni nell'argilla e ad Abbadia S. Salvatore si trova in vene e spalmature nel terreno rimaneggiato, detritico, della regione, costituito da ligniti, arenarie, trachiti, calcare, argille, ecc. I tenori dei minerali toscani sono generalmente circa 1 %.

In quasi tutti i nostri depositi cinabriferi si riscontrano dei cristalli di selenite, il che lascerebbe supporre che le soluzioni cinabrifere fossero solforiche. I depositi cinabriferi della Toscana sono in relazione all'eruzione trachitica del Monte Amiata, colle emanazioni cioè solforate, d'acido carbonico e termali della regione.

A Vallalta nel Veneto si coltivano alcuni filoncelli con noduli gessoso-cinabriferi.

89. **Oro.** — L'oro si presenta allo stato nativo oppure accompagnato da piriti e d'altri solfuri, più raramente allo stato di tellururo: Esso si presenta in tutte le giaciture: allo stato di ***masse aurifere***, come ad es. nei graniti decomposti dell'Alaska nell'America del Nord, oppure di Monte Morgan nel Queensland (Australia). Quest'ultimo giacimento, d'origine ancor discussa, è costituito da una quarzite aurifera, ricoperta all'affioramento da ematite bruna, da ocre gialle e bianche e da minerale di ferro spugnoso: l'ematite è assai ricca d'oro.

I *filoni auriferi* sono generalmente quarzosi, qualche volta con calcite, più raramente baritici. L'oro si trova per lo più allo stato nativo, accompagnato sovente da solfuri metallici; talvolta stringe combinazioni col tellurio e col bismuto.

I principali filoni auriferi si trovano nella Sierra Nevada, dove

formano la cosidetta cintura d'oro. Il Mother-Lod è il principale filone aurifero della regione. Oltrechè nella California, vi sono ricchi filoni auriferi nell'America del Nord, nell'Idaho e nell'Alaska: nell'America del Sud al Venezuela, nella regione Caratal, nelle Guiane inglese e olandese, nel Chilì, ecc.

Nell'Australia centrale, specialmente nella regione Coolgardie della provincia di Victoria, nella Nuova Galles del Sud, nel Queensland sono coltivati ricchi filoni auriferi.

Parecchi filoni auriferi, fra cui quello assai ricco di Sheba presso Eureka City, sono coltivati nel Sud Africa.

Vi sono inoltre filoni auriferi in Siberia, negli Urali presso Tscheljabinsk e presso Ekaterinenbourg, ed in molte altre contrade.

Da non molti anni (1883) si coltivano con grandi produzioni nel Transwaal e precisamente nella regione del Witwatersrand, nota anche semplicemente col nome di « *Rand* », dei ricchi *strati* di conglomerati auriferi interstratificati con arenarie, calcari e quarziti del devoniano. Presso Johannesburg si conoscono quattro strati di conglomerati auriferi: il Nord Reef, Main Reef, Maine Reef leader e Sud Reef: Il conglomerato, di potenza variabile che raggiunge anche $20 \div 30$ metri, è composto di elementi arrotondati di quarzo e di quarzite, talvolta anche di schisto, riuniti assieme da un cemento quarzoso, ricco di pirite, che contiene l'oro in piccole dentriti quasi invisibili od in cristalli microscopici.

Il tenore medio in oro del materiale è circa di 20 grammi per tonnellata. L'origine dell'oro in questi conglomerati non è ben chiara: alcuni la ritengono dovuta ad una mineralizzazione posteriore al deposito della roccia madre, altri ad un deposito chimico contemporaneo alla deposizione del conglomerato.

Allo stato *alluvionale* l'oro si trova in molti giacimenti. A Dacota nel cambriano, nella Nuova Galles del Sud nel carbonifero, come pure nel giura e nel cretaceo nella Nuova Zelanda, ecc. Di netto carattere alluvionale sono i depositi terziari e fra tutti i più importanti sono quelli potenti della California, lungo la Sierra Nevada, quelli dell'Alaska, principalmente lungo il Yukon e il Klondike, dove gli strati di sabbie aurifere hanno potenza inferiore a $2 \div 3$ metri ma contengono l'oro in grani piuttosto grossi. Verso il Capo Nome, nella stessa contrada, al 64° di latitudine, si scopersero pure da cinque o sei anni delle alluvioni aurifere di qualche decimetro di potenza, assai ricche.

Analoghe alluvioni aurifere si trovano sulla riva opposta del mare di Behring, in Siberia.

La Siberia possiede molti *placers:* i suoi fiumi sono quasi tutti auriferi: le regioni della Lecca, del lago Transbaikal, quelle percorse dall'alto Amour sono fra le più ricche.

Alluvioni aurifere si coltivano nell'America del Sud al Venezuela e nelle Gujane inglese e olandese; nell'India, lungo la catena della Himalaia, ed infine numerosi e ricchi sono i *placers* dell'Australia.

In Europa l'oro non è abbondante, anzi si trova in quantità assai piccola.

Il paese più ricco d'oro è la Transilvania, che presenta dei filoni auriferi a Schemnitz, Offenbanya, Nagyag, Vöröspatak, Abrudbanya, ecc. alcuni dei quali offrirono delle ricche concentrazioni. Qualche poco d'oro s'incontra in Carinzia, nel Salzbourg ed in Norvegia.

In Russia esistono alluvioni e filoni auriferi nella regione degli Urali.

90. In Italia abbiamo aurifere le alluvioni di parecchi fiumi del Piemonte, che provengono dal gruppo del Monte Rosa il quale racchiude filoni di quarzo piritosi. In Val Sesia, Val Anzasca, Val della Toppa questi filoni sono incassati negli schisti talcosogneissici della regione: l'oro è disseminato nel quarzo piritoso talvolta in elementi visibili ad occhio nudo. La miniera più importante era quella, assai antica, di Pestarena, che produsse recentemente anche un chilo d'oro al giorno.

Un secondo gruppo aurifero è quello del Gorzente (in provincia d'Alessandria) dove i filoni auriferi della montagna della Piotta sono incassati nelle serpentine.

Il quarzo violaceo di questi filoni racchiude delle belle concentrazioni d'oro, in cristalli, in grani od in pagliuzze di qualche millimetro di dimensione. L'importanza complessiva delle nostre miniere d'oro è però meno che modesta.

91. **Antimonio.** — La produzione dei minerali d'antimonio è data dalla Stibina (solfuro), che si trova quasi sempre in ganga quarzosa. L'antimonio si presenta in forma di strati, di ammassi e di vene o filoni.

Appartengono al primo tipo, ad es. i due giacimenti di Westfaglia che si trovano presso Nuttlar e presso Brilon, quello di Costantina in Algeria, ben noto per i cristalli di senarmontite che somministra alle collezioni, ed alcuni di Serbia, benchè piuttosto i giacimenti serbi siano da classificarsi fra gli ammassi.

Filoni con stibina sono coltivati in diverse miniere aurifere

della Boemia e dell'Ungheria; qualche filone aurifero antimonioso si trova anche nell'Australia e nel Transwaal.

Altri filoni d'antimonio si coltivano nell'Harz, in Sassonia, nella Boemia, in Ungheria e nel Portogallo: fuori d'Europa, al Messico, a Borneo, nell'Australia del Sud, al Giappone, ecc.

In Italia esistono alcuni giacimenti d'antimonio in Sicilia, nella Toscana a Rosia e Pereta, e nella Sardegna orientale nel Gerrei, ove principalmente v'ha la miniera di Su Suergiu che ebbe importanza per la sua produzione.

92. **Manganese.** — Il solo minerale di manganese utile è la pirolusite. La maggior parte del minerale manganese consumato in Europa proviene dai giacimenti del Caucaso, ove presso Tschiaturi vi sono degli strati eocenici di $2 \div 5$ m. di spessore.

Nell'Inghilterra, nel Belgio e lungo il Reno, si coltivano giacimenti di manganese, come pure nella Sassonia, nell'Harz, in Turingia, in Bucovina, a Santander in Spagna.

Il manganese è sovente associato al ferro nelle sideriti, e i carbonati manganesiferi servono come minerali di manganese negli alti forni.

Al Brasile, al Chilì si conoscono numerosi giacimenti di ferro manganese, che ora, sviluppandosi le coltivazioni, creano una seria concorrenza ai minerali della Russia.

In Italia si coltiva del ferro manganese al Monte Argentaro: del manganese associato a diaspri presso Rapolano in Toscana ed a Capo Becco nell'Isola di San Pietro in Sardegna.

93. **Nichelio.** — I centri produttori di minerali di nichelio, e precisamente di piriti nichilifere, sono la Norvegia e il Canadà. Il nichelio si ricava anche dalla garnierite (idrosilicato) nella Nuova Caledonia.

Le piriti nichelifere (pirrotine) si trovano in Norvegia in relazione alle noriti, da cui provengono per secrezione magmatica: analoga genesi mostrano le pirrotine di Sudbury nel Canadà, che costituiscono il principale deposito di minerali di nichelio, benchè il tenore delle pirrotine del Canadà sia solo del 4 %. Qualche altro giacimento di pirrotine, assai meno importante dei precedenti, esiste nella Boemia ed a Malaga.

La garnierite si trova nella Nuova Caledonia in forma di vene nelle fessure di serpentine decomposte ed è accompagnata da ferrocromo, da minerali di cobalto, ecc.

Giacimenti analoghi ma assai meno importanti, si conoscono a Noumea nella Nuova Galles del Sud, nell'Orengon, negli Urali.

Nella zona delle pietre verdi piemontesi, specialmente nella Valle della Sesia e del Toce, al contatto coi gneiss, si conoscono segregazioni di pirrotine nichelifere analoghe a quelle della Scandinavia, ma non hanno importanza industriale.

94. **Stagno**. — Il minerale di stagno è l'ossido o cassiterite. Si trova la cassiterite in granuliti sotto forma di sottili vene intrecciate (stockwerks), in filoni e nelle alluvioni.

In Europa si coltivavano i giacimenti di Altenberg e di Schwarzenberg in Sassonia. Si coltivano parecchi filoni di cassiterite in Cornovaglia e nel Devonshire, dove l'ossido di stagno è associato al solfuro di rame: Analoga associazione si osserva nel filone di Pitkaranta in Finlandia. Qualche po' di minerale di stagno era altra volta coltivato in Francia, in Spagna ed in Italia.

A Campiglia all'ossido di ferro è associato della cassiterite.

Nella Tasmania, nella penisola Malacca, nel New-Sud-Wales e sopratutto nelle isole di Bangka e Billiton in Australia, vi sono ricche alluvioni stannifere. Altre alluvioni stannifere si conoscono nel Messico, in Bolivia e nell'Africa meridionale. In Europa vi erano piccole alluvioni con cassiterite nell'Erzgebirge ed in Cornovaglia ma da tempo sono state esaurite.

In Francia ed in Italia (a Campiglia) esiste qualche piccolo deposito di stagno, che non ha però importanza industriale.

95. **Alluminio**. — I minerali da cui si estrae l'alluminio sono la criolite e le bauxiti, oltrechè alcune roccie contenenti solfato d'allumina, dalle quali si estrae l'allume, che a sua volta serve per la fabbricazione dell'alluminio.

La criolite (fluoruro di sodio e d'alluminio) si trova in un esteso e potente giacimento nel Sud della Groelandia: le bauxiti (idrato d'allumina e di perossido di ferro) si trovano in Francia nei dipartimenti del Varo e delle Bocche del Rodano; nella Carniola e nella Hesse: In America, nella Georgia e nell'Alabama. In Italia esistono bauxiti nelle Puglie.

96. **Giacimenti non metalliferi.** — Il numero dei giacimenti di materiali non metalliferi (minerali e roccie) che interessano l'industria, è grandissimo ed una esposizione metodica di essi richiederebbe un lavoro inadeguato all'importanza dell'argomento. Noi quindi, per amore di semplicità, faremo dei giacimenti non metalliferi una distinzione secondo la loro importanza, e tratteremo succintamente dei:

a) giacimenti di *roccie* propriamente dette, o *lapidei;*

b) giacimenti di *minerali* non metalliferi;

c) giacimenti di *combustibili.*

La coltivazione dei giacimenti della prima categoria dà luogo, *in generale*, a *cave:* i giacimenti invece della seconda e della terza categoria danno *per lo più* origine a *miniere:* la distinzione fra cave e miniere è precisata dalle leggi minerarie dei vari paesi.

Pei giacimenti lapidei restringeremo la trattazione alla descrizione di quelli che sono più importanti pel nostro paese, essendo sufficiente, come parte generale, le cognizioni geologiche che abbiamo esposto nei capitoli precedenti.

Pei giacimenti di minerali non metalliferi, diremo particolarmente dello solfo, che è la nostra principale ricchezza mineraria, dei petroli e degli asfalti; infine accenneremo ai combustibili, e soltanto in modo fugace ai giacimenti di litantrace, perchè se sono fra tutti i giacimenti minerari i più importanti, essi, disgraziatamente, mancano nel nostro paese.

Giacimenti lapidei. — **Marmi.** — Il centro della produzione marmifera italiana è compreso fra le città di Carrara, Massa e Serravezza nelle Alpi Apuane. Le formazioni dell'eocene, cretaceo, infralias, trias e del paleozoico, esistenti nella regione, formano due grandi piegature, state incise a grande profondità dalle acque. La zona dei marmi appartiene al trias, e la più ricca è l'intermedia, compresa fra gli schisti lustrini della regione ed i calcari compatti detti *grezzoni*.

Negli schisti lustrini calcarei si trovano intercalate potenti lenti di marmo: Il marmo della regione è principalmente costituito dalla varietà bianca comune, dal bardiglio, e assai più raramente dallo statuario e dalle varietà colorate, le quali ultime rappresentano assieme solo i $^{5}/_{100}$ della produzione totale.

Oltre la Toscana forniscono marmi speciali altre regioni italiane:

La Sicilia abbonda di marmi; alcuni costituiscono varietà assai pregiate: così quelli gialli di Castronovo, quelli rossi di Piana dei Greci e di Taormina e le lumachette di Cefalù, che furono in passato impiegati nei monumenti. I giacimenti dell'isola di Sicilia, che si trovano principalmente nella parte N-O dell'isola stessa, appartengono al secondario: essi non hanno importanza industriale.

Fra i marmi colorati ornamentali, che hanno da noi importanza industriale, sono da citarsi il *portoro,* che si cava presso Spezia, e le oficalci note sotto il nome di *rosso di Levanto* e *verde di Polcevera*, che si scavano sulle riviere di Levante e di Ponente del golfo di Genova. Nel Sienese esistono le ben note cave di marmo giallo, detto marmo di Siena, e nella sua varietà più pregiata *broccatello*.

(Il verde di Prato, che s'incontra sovente nei monumenti della Toscana, non è un calcare ma invece una serpentina). Nella Lombardia si possono citare i marmi neri di Riva di Solto e di Varenna, non così belli come quelli del Belgio, e quelli bianchi di Musso, di assai modesta importanza industriale. Il *botticino* di Brescia per ragioni economiche ha pure estese applicazioni.

Nel Veronese sono particolarmente importanti le cave di S. Ambrogio Valpolicella, ove si coltivano marmi giurassici e cretacei: i primi costituiscono i cosidetti *rossi di Verona,* i *mandorlati* gialli e rosa, ricchi di ammoniti: i secondi danno i *lastranio rosa* e *giallo pallido*, il *perseghino* ed il *biancone*.

Infine, nella provincia di Novara si hanno alcuni marmi bianchi e rosei e così pure nel Barese e nelle provincie di Perugia e di Roma.

97. **Calcari da cemento.** — I calcari eocenici dell'Appennino superiore in più punti, come a Casale, Stradella, Livorno, Civitavecchia, servono per la fabbricazione di cementi naturali, come pure alcuni calcari della Valle Seriana.

Nel Casalese i banchi di calcare cementizio sono accompagnati da banchi di calcare da calce idraulica e da altri banchi di calcari che non hanno applicazione. Sembra che questa serie di banchi abbia in origine formato una regolare e concordante stratificazione, la quale fu rotta e dislocata in grandi zolle durante il corrugamento appenninico. I cavatori, infatti, dato un banco di calcare improduttivo conoscono a che distanza si trovano quelli produttivi, che sono, cioè, costituiti di calcare da calce idraulica o da cemento.

98. **Gesso.** — Le formazioni gessose, sovente molto estese e potenti, hanno grande importanza geologica, perchè servono ad individuare orizzonti ben noti sia del trias come del terziario. L'*anidride* è gesso anidro. I giacimenti d'anidride, idratandosi, hanno talvolta provocato, per causa della dilatazione, forti sconvolgimenti nelle roccie superiori, come è visibile ad Eisleben, dove i gres triasici furono contorti sotto l'influenza dell'idratazione delle masse gessifere sottostanti.

Talvolta, invece, il gesso, essendosi disciolto per azione delle acque, originò caverne, e queste, crollando, produssero scoscendimenti nelle formazioni superiori.

Il gesso serve come materiale da costruzione ma specialmente come concime per l'agricoltura.

In Italia abbonda il gesso in molte regioni. Fra le cave più importanti si citano quelle della provincia di Bologna e di Reggio

Emilia, quelle di Volpino (anidride) nel Bergamasco, di Castelnuovo d'Asti e di Casale nella provincia d'Alessandria.

Con grano molto fine, pellucido e d'aspetto saccaroide, il gesso costituisce l'*albastro,* di cui è ben noto il giacimento di Castellina in Toscana che serve per la piccola statuaria corrente che produce la regione. La Sicilia è ricchissima di gesso.

99. **Arefarie silicee.** — Queste roccie, note nell'appennino col nome di *macigno* o *molassa*, servono come materiale di costruzione: sono comprese in strati di vario spessore fra le formazioni dell'alberese e le argille scagliose dell'eocene. Presentano color grigiastro e sono costituite da granelli di quarzo cementati con glauconio e viridite a particelle di serpentina, frantumi di conchiglie, ecc.

Esse, nella Toscana, sono note col nome di pietra forte o *pietra serena*. Si cavano in provincia di Bologna e di Brescia.

100. **Ardesie.** — Si scavano in gran copia nei circondari di Chiavari e di Genova, nelle colline di Lavagna e nell'alta valle di Bisagno. La formazione si estende da Lavagna a Bargagli per oltre trenta chilometri di lunghezza.

Non esistono però da noi le grandi cave d'ardesia che si contano numerose nella Francia ed in Inghilterra.

101. **Barite.** — Cave di barite sono aperte in più punti dell'Italia superiore, smerciandosi la maggior parte del prodotto come elemento di sofisticazione alle fabbriche dei più svariati prodotti.

Nella Lombardia sono importanti le cave di Valsassina: nel Piemonte quelle di Valle Corsaglia, altre cave sono coltivate in Toscana, ecc. Barite pura si trova nei filoni della Sardegna, ove però non è coltivata, ed in altre regioni italiane. La barite è venduta macinata ed è distinta in diverse classi secondo la purezza.

102. **Tripoli.** — È questa una formazione d'origine organica e costituita da accumulazioni in acque dolci di frustule d'alghe siliciose microscopiche, della famiglia delle bacillarie. I tripoli, o farine fossili, costituiscono depositi importanti nella Boemia (Eger e Franzenbad) ed in Alvernia, e prendono il nome anche di *Kieselgur.*

Da noi si hanno piccole cave di tripoli, che nascono e si coltivano dopo la stagione agricola, nella provincia di Pesaro e nella repubblica di S. Marino. Nella zona vulcanica romana si trovano pure depositi di tripoli coltivabili ed altrove.

Il Kieselgur serviva prima per la fabbricazione della dinamite: oggi trova larghe applicazioni come materiale coibente per condotte di vapore, ecc.

103. **Pomici.** — Le pomici si coltivano nell'isola di Lipari, dove esiste uno strato coperto da lapilli di potenza variabile da 1 a 4 metri che si estende nella regione N E dell'isola per oltre 1.500 ettari. Il materiale che si scava dalle piccole coltivazioni ivi esistenti è poi scelto a seconda della tessitura più o meno fine e della grossezza dei pezzi e posto così classificato in commercio.

104. **Terre bolari.** — La Toscana dà la *terra di Siena* di color giallo: essa è costituita da silicati idrati di ferro, che si depositarono in piccoli bacini alle falde della formazione trachitica del Monte Amiata.

L'Iglesiente produce nell'isola di S. Pietro, in piccola quantità, delle ocre gialle e di color violaceo per manganese, che sono assai ricercate.

Nella Campania vi sono piccoli giacimenti di ocre colorate gialle, rosse e nere.

Nel Veronese vi sono importanti cave di ocre gialle, aperte nelle fenditure dei calcari eocenici. Tali ocre sono, come si usa anche altrove, trasformate in parte colla calcinazione in ocre rosse.

A Arcidosso in provincia di Grosseto, si ricavano pure ocre gialle.

105. **Pietre coti.** — Si incontrano quasi esclusivamente nel Bergamasco, nella Val Seriana, degli straterelli di calcare silicifero interstratificati in schisti del Lias, che si coltivano con estesi lavori sotterranei, producendo specialmente coti per falci: L'esportazione all'estero è rilevante.

106. **Calcari litografici.** — Si estrae della pietra litografica da alcune cave in provincia di Pesaro e di Perugia. La pietra è detta *corniola* ed è un calcare liassico a grana uniforme. Essa serve in lavori litografici grossolani. Una cava di calcare a grano fino, che pare adatto pei lavori litografici, è pure aperta a Tortoli. Le nostre pietre sono però assai meno pregiate dei calcari di Solenhofer, che servono quasi universalmente ai litografi.

107. **Quarzo.** — Si estrae del quarzo da alcune cave in provincia di Torino e di Cuneo; allo stato arenaceo a Caneva, nella provincia di Udine; nelle cave di Salamina nel Napoletano; nelle cave di Soratte e di Bravetta in provincia di Roma. Sabbie silice con grani a spigoli vivi si estraggono dai laghi prossimi a Viareggio e servono specialmente pel taglio dei marmi della regione Apuana. Sabbie silicee adatte per fabbriche di vetri si trovano in Sardegna ed altrove.

108. **Magnesite.** — I principali giacimenti di magnesite (carbonato

di magnesia) si trovano nella Valle della Veitch in Stiria, nella Slesia e nell'isola di Eubea. Serve la magnesite calcinata come rivestimento refrattario per forni. Da noi si trova della magnesite a Baldissero nel Canavese ed a Casellette e Givoletto presso Torino, in venette attraversanti masse di lerzoliti decomposte. Si ricavò anche qualche poco di magnesite nei dintorni del Monte Capanne all'isola d'Elba. Sul lago di Garda si estrae della magnesia dalle dolomie per uso farmaceutico.

109. **Caolino.** — Il caolino è silicato di allumina quasi puro.

Si ricava del caolino a Barghe nel Piemonte, a Tretto in provincia di Vicenza, presso Altopasciò in Toscana, alle Allumiere in provincia di Roma, ed in altre località.

110. **Amianto.** — I principali depositi d'amianto si trovano nel Canadà presso le città di Thetford e Coleraine nella provincia di Quebec, e dell'amianto di color cenere proviene anche dall'Africa. L'amianto, detto anche *asbesto,* lo si trova nelle roccie serpentinose in vene comunque dirette, dello spessore di alcuni centimetri.

In Val Malenco nella Lombardia si coltivano alcuni giacimenti d'asbesto che si trovano nelle roccie serpentinose della regione.

Si estrae pure asbesto da serpentine nella valle d'Aosta ed a Usseglio, presso Pinerolo. — Da noi è sviluppata l'industria della tessitura e fabbricazione degli oggetti d'amianto: la materia prima è però in gran parte importata.

111. **Talco.** — Il talco si coltiva presso Pinerolo, ove lo si trova in piccole lenti intercalato fra gli schisti ed i calcari cristallini. In val Malenco vi sono pure cave di talco.

112. **Feldspati.** — Nella Lombardia si coltivano alcuni filoni di feldspato che servono per ceramiche e conterie: il filone principale è quello ricco di tormaline e di granati di Piona sul lago di Como.

113. **Minerali non metalliferi.** — **Solfo.** — Lo solfo si ricava in Sicilia ed in Romagna dal *minerale del solfo*, calcare argilloso che contiene lo solfo nativo in proporzioni assai variabili. Lo solfo nativo è un prodotto comune delle emanazioni vulcaniche: da noi lo si ritrova nell'isola di Vulcano (Lipari), nella solfatara di Pozzuoli: nell'America del nord al Cone Creek nell'Utah, a Popocatepelt nel Messico, e nell'America del Sud, nel Chile, presso il lago di Ascotan; nel Giappone presso Yeso ed altrove.

Lo solfo può presentarsi ovunque in piccole masse, nate per riduzione di solfati od ossidazione di idrogeno solforato, od anche per azione di certi bacteri che lo accumulano.

I giacimenti di solfo industrialmente importanti sono quelli

d'origine sedimentaria. Nella regione Trancaspiana, nella Galizia, nella Provenza, nella provincia di Murcia e d'Almeira in Spagna ed in Algeria, si conoscono giacimenti di solfo che sono più o meno coltivati: la produzione complessiva è però trascurabile di fronte a quella della Sicilia, che si può dire ha fino ad ora approvvigionato di solfo tutto il mondo.

Quarant'anni fa in America, nella Luisiana, alcune ricerche per petrolio avevano attraversato dei potenti depositi solfiferi a 150 metri dalla superficie, ma a causa delle formazioni sabbiose acquifere soprastanti, non erano stati coltivati e solo ora se ne tenta la coltivazione con un metodo specialissimo.

Lo solfo costituisce in valore presso a poco la metà della nostra produzione mineraria: la Sicilia entra nella produzione italiana di solfo per 0,93 la Romagna e Marche per il rimanente 0,07.

Sia nella Sicilia come nella Romagna, lo solfo appartiene ad un costante orizzonte geologico, e cioè al miocene superiore: la formazione solfifera è ricoperta dal pliocene, rappresentato da marne bianche a foraminifere, dette *trubi*, che riposano sopra la formazione gessosa-solfifera, alla quale sono inoltre associate marne più o meno argillose e bituminose dette *tufi*. Il *briscale*, che in Sicilia serve soventi a dirigere le ricerche solfifere, è del gesso decomposto, che affiora ove mancano i *trubi*, indicando così la sottostante formazione solfifera.

Lo solfo trovasi in matrice calcareo argillosa e la roccia si presenta in lenti più o meno estese nei gessi.

Il tutto riposa sopra *calcare concrezionato siliceo* e *tripoli*, che costituiscono il piano *sarmaziano* dei geologi.

Il *minerale di solfo* è appunto costituito dalla roccia calco-argillosa, e lo solfo si ricava da essa per liquazione in forni speciali, ove se ne provoca generalmente la combustione parziale. Talvolta la liquazione dello solfo si produce in autoclavi con del vapore.

In Sicilia la potenza dei giacimenti solfiferi è assai irregolare, talvolta, misura circa sei metri, ma si coltivano parecchi banchi di 40 metri e alcuni anche di 60 metri di potenza. La ricchezza in solfo del minerale coltivato varia dal 10 al 60 %. Le solfare siciliane cominciarono a svilupparsi verso il 1830.

L'associazione dei gessi collo solfo è costante in Italia, sia nella Romagna nei giacimenti di Boratelle, Perticara, Sinigallia, ecc. come nelle solfare delle Marche. Per i depositi di Sicilia si ammette da alcuni che lo solfo provenga dalla decomposizione dei

gessi, e precisamente dalla riduzione del solfato di calcio in monosolfuro, compiuta dagli idrocarburi svoltisi in grande abbondanza dalle *maccalube*, e dalla seguente decomposizione del monosolfuro con generazione di solfo libero. Per dar miglior base a questa ipotesi si esclude l'origine organica delle antiche maccalube, a differenza di quelle ora esistenti e delle analoghe salse o borbotti dell'Appennino, che non dimostrano origine profonda.

Ma sembra anche probabile che lo solfo abbia un'origine endogena diretta; la maggior parte dei giacimenti che si conoscono all'estero si trova in zone vulcaniche. Alcuni autori quindi ammettono che lo solfo ed i gessi ripetano la loro origine, come la celestina e la silice che li accompagnano in Sicilia, da acque mineralizzate nate per fenomeni vulcanici.

114. **Petrolio.** — Il petrolio naturale è una mescolanza di idrocarburi diversi delle serie $C H^4$ e $C^2 H^6$. Colla distillazione frazionata dà gli eteri del petrolio, le benzine, le lingroine, il petrolio illuminante ed una serie di prodotti più densi, che servono come lubrificanti e talvolta come combustibili.

Il petrolio illuminante subisce, prima di essere posto in commercio, una raffinazione, che consiste in un trattamento con acido solforico seguito da un trattamento con alcali.

Quando nel petrolio naturale c'è della vasellina, questa viene separata col raffreddamento e colla filtrazione.

Il petrolio è estratto dal suolo con sondaggi più o meno profondi, di 300, 600 ed anche 1000 metri di profondità, come a Boryslaw in Galizia. Generalmente è pompato dai pozzi.

La densità del petrolio è variabile colle regioni ed in una stessa regione soventi è diversa da strato a strato.

I petroli densi danno luogo in alcune località a *fontane* (figura 25) che si spingono violentemente dal sondaggio a notevole altezza. Il petrolio è accompagnato da idrocarburi e da acque salate. Talvolta le fontane si incendiano, e sono ben noti gli incendi di Baku e di Balakani nella penisola d'Apscheron sul Caspio. Molte volte con un pozzo si attraversano parecchi strati petroliferi; il petrolio degli strati profondi è generalmente più leggero di quello degli strati superficiali: la regola però non è verificata in tutte le regioni.

Le contrade presentemente note fra le più ricche di petrolio sono quelle lungo i monti Allegany negli Stati Uniti occidentali d'America, la penisola d'Apscheron sul Caspio, la Galizia e la Rumania. Depositi di petrolio sono pure sfruttati in Persia, nelle isole della Sonda, in China, ecc.

Generalmente le regioni petrolifere sono subordinate a sollevamenti, ma però si trovano sempre ad una relativa distanza dall'asse delle catene principali. Il petrolio lo si ritrova in tutti i ter-

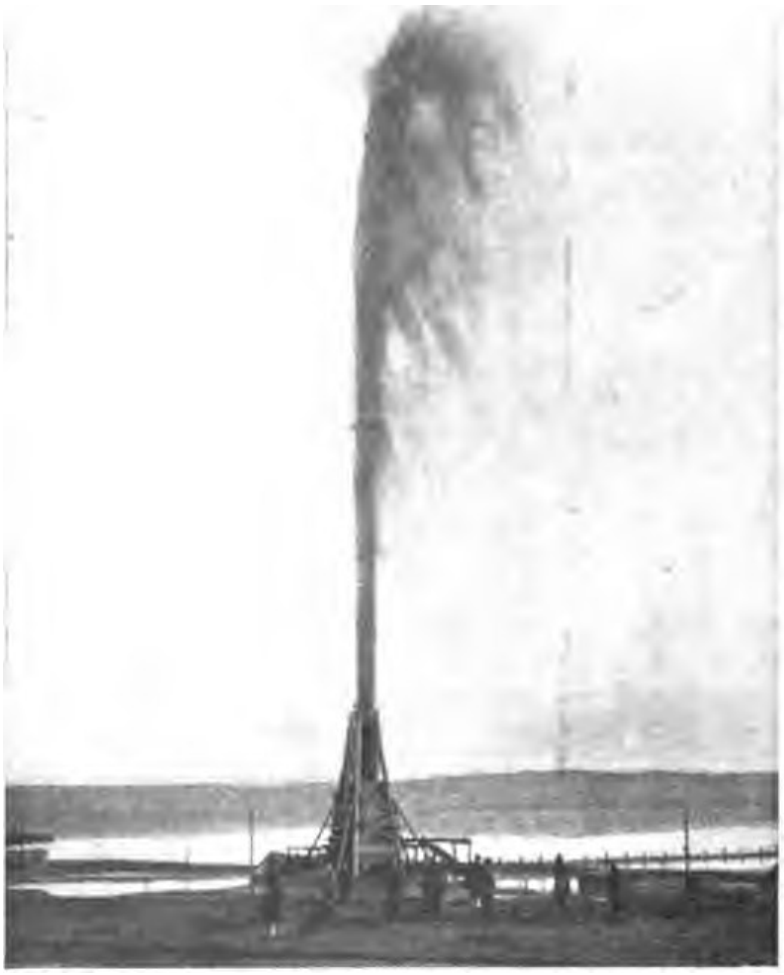


Fig. 25.

reni della serie geologica, tranne che in quelli arcaici. I depositi dell'America del Nord sono paleozoici, quelli d'Europa, invece, terziari e per la maggior parte miocenici.

In Italia esiste un bacino petrolifero nella provincia di Piacenza ed accenni di petrolio s'incontrano anche nella provincia di Parma, nel Reggiano ed a S. Giovanni d'Incarico presso Chieti.

Nella provincia di Piacenza esistono due miniere importanti, quella di Velleia e la limitrofa di Montechino.

Il petrolio dell'Emilia è assai leggero e ricco di benzine.

Esiste una raffineria a Fiorenzuola d'Arda che tratta il petrolio prodotto nella regione.

Ozocherite. — L'ozocherite si trova abbondante nelle marne salate mioceniche di Boryslaw in Galizia, attraverso le quali profondi sondaggi diedero recentemente dei petroli densi.

Essa si presenta mista all'argilla salata, come riempimento di fratture. Presso noi se ne raccolse in qualche punto del Piacentino ma solamente come campioni.

115. **Asfalto e bitume.** — L'origine di queste sostanze si ritiene organica. Esse si presentano talvolta quasi pure, allo stato vischioso o solido, altrevolte cementando sabbie o impregnando dei calcari. A Cuba nel Texas, nell'Alabama, nel Venezuela, e anche in qualche punto della Savoia, incontrasi del bitume puro. In California ed in Francia invece mescolato a sabbie: nel Messico, in alcuni punti della Francia, nella Svizzera, in Italia, ecc., nei calcari bituminosi. Infine, mescolato con sostanze terrose, con acqua, ecc., si trova in America al *Pitch-lake* ed al *Trinidad-lake.*

L'Italia è ricca d'asfalto: miniere importanti si trovano a Ragusa nella provincia di Siracusa, e nella provincia di Chieti. A Ragusa vi sono diversi strati di calcare bituminoso, quasi pastoso al tatto, di una potenza di circa 5 metri ognuno, che contengono dal 20 al 40 % di bitume.

Nella provincia di Chieti i calcari bituminosi sono molto abbondanti ma più poveri; essi formano quasi per intero la massa della Majella, ed appartengono, come i precedenti, al miocene. Le coltivazioni più importanti sono ora limitate alla valle del Pescara presso Lettomanopello. Il tenore in bitume di quelle roccie è circa 10 ÷ 20 %.

Altre roccie asfaltiche con basso tenore in asfalto si trovano in provincia di Roma ed anche in Lombardia.

116. **Borace.** — Negli Stati Uniti d'America vi sono alcuni depositi di borace nel deserto di Mojane in California, nati da laghi salati che non hanno comunicazione col mare.

Il borace vi si trova mescolato con altri sali, specialmente con bicarbonato sodico e sal comune. L'origine pare dovuta alle acque

di pioggia, che disciolgono i feldspati di alcune lave della regione, convogliando così i sali di soda nei laghi, dove si sprigionano calde emanazioni boracifere. Il borace entra pel 12 % nelle croste solide che durante l'estate si formano alla superficie di detti laghi. Due laghi di questo genere hanno importanza: l'uno detto del Borace e l'altro lago Tel.

L'acido borico è un elemento importante dei soffioni della Toscana.

Nella regione Volterrana, in più punti di una stessa zona (Monterotondo, Serrazzano, Larderello, Lustignano, ecc.) si sprigionano naturalmente, o per mezzo di perforazioni profonde 70 ÷ 100 metri, dei forti sbuffi di vapor d'acqua talvolta soprariscaldato, accompagnati da idrogeno solforato, azoto, acido carbonico e soventi da borati e da acido borico.

Siccome l'acido borico è stato ritrovato in parecchie regioni vulcaniche, così alcuni gli attribuiscono una diretta origine profonda: altri invece suppongono che il vapor d'acqua abbia agito in profondità sopra delle roccie borosilicate, come alcune serpentine di Toscana che presentano effettivamente traccie di borati, arricchendosi così di acido borico.

I vapori dei soffioni boraciferi si immettono in piccoli laghi, detti *lagoni*, naturali o artificiali, le cui acque, caricate man mano di acido borico, sono poi evaporate in caldaie di piombo, valendosi del vapore naturale che si capta nella regione con altre perforazioni. Quando le acque sono sature di acido borico, questo cristallizza e viene così separato dalle acque madri.

117. **Salgemma.** — Il salgemma è oltremodo abbondante in Europa, specialmente nell'Ungheria (Marmaros e Wielitzka), nella Prussia, nell'Inghilterra, ecc. Talvolta, come a Stassfurt, trovasi associato alla carnallite (cloruro di potassio) e in quest'ultimo caso i giacimenti assumono straordinaria importanza economica. — La scoperta dei giacimenti di Stassfurt a suo tempo rivoluzionò il commercio della potassa: Oggi la Germania ha assunto una specie di monopolio dei prodotti potassici, poichè in nessun altro paese furono trovati analoghi giacimenti. La coltivazione delle miniere potassiche di Stassfurt risale solo a qualche decina d'anni; prima era ristretta alla sola Sassonia, ma poi si è estesa in alcuni punti della Germania media, e le varie miniere si unirono in sindacato potente.

Presso noi si incontrano sali potassici in forma di arnioni isolati nel salgemma bianco di Sicilia.

Il salgemma abbonda nella Sicilia sotto la formazione solfifera; è assai puro ed adatto agli usi domestici: costituisce delle grandi lenti, incassate nelle argille.

Parimenti in argille mioceniche è racchiusa la lente di sale di Lugro, coltivata nel Cosentino.

118. **Grafite.** — La grafite si trova generalmente in roccie metamorfiche.

I giacimenti più importanti sono ancora quelli di Ceylon, benchè la loro produzione abbia in questi anni diminuito. Nella Stiria, in Boemia, nella Moravia e Bavaria la grafite si trova in lenti, che talvolta raggiungono la potenza di qualche metro, negli gneiss e nei calcari grossolani. Il principale centro di produzione della grafite in Austria è Passau.

Da noi se ne ricava una discreta quantità presso Pinerolo, nelle valli del Risagliardo, del Chisone e del Pellice. La grafite si trova in strati di notevole potenza, intercalata negli gneiss e schisti della regione: Vi è pure una miniera di grafite nella Liguria.

119. **Acido carbonico.** — L'acido carbonico naturale costituisce un prodotto del quale in Germania se ne fa largo commercio e che serve per gazzosare acque, vini, ecc. A Burgbrohl presso Andemach, a Gerolstein, a Obermendig furono fatti all'uopo numerosi sondaggi. In Italia si ricava dell'acido carbonico naturale a Cinciano, vicino ad Arezzo. L'acido carbonico è compresso e posto in commercio in tubi di ferro. Degli ampi sbuffi di acido carbonico esistono in Sardegna presso Sardara.

120. **Allumite.** — L'origine dell'allumite è verosimilmente dovuta all'azione del vapor acqueo e dei gas solforosi sopra il feldspato delle trachiti. È probabile che fenomeni geyseriani abbiano prodotto l'allume. Un importante giacimento è stato recentemente scoperto nella Nuova Galles del Sud nelle montagne di Bull Ahdelah.

Nei monti della Tolfa, nel comune di Allumiere, in provincia di Roma, esistono importanti giacimenti d'allume, altravolta assai attivamente coltivati, prima cioè che si introducessero nell'industria gli allumi artificiali. L'allume alla Tolfa trovasi in filoni nella massa trachitica della regione.

121. **Fosfati di calce.** — L'America possiede grandi ricchezze in fosfati: Nel Canadà si coltiva una pirossenite assai ricca di apatite; nella Carolina del Sud e nella Florida dei ricchi depositi di noduli fosfatici, o fosforiti, nel calcare cretaceo. Parimenti nelle Indie oc-

cidentali. — In Africa vi sono importanti depositi di fosforiti nell'Algeria e nella Tunisia: noduli di fosfati si trovano nell'isola di Malta e forse sulle coste meridionali della Sicilia.

In Europa si trovano fosfati nell'Inghilterra, nel Bedfordshire, nel Buckinghamshire, ecc.; nel Belgio e nella Francia se ne trovano in roccie cretacee. In Francia i fosfati riempiono in alcuni punti, p. e., nella Somme, delle tasche aperte nella creta senoniana, profonde 15 ÷ 20 metri.

Nelle Indie occidentali gli strati di calcari fosfatici provengono da corallari, nei quali l'acido fosforico fu immesso da acque che lisciviarono superiori strati di guano, lasciati da uccelli marini.

122. **Combustibili.** — I combustibili fossili si dividono, secondo l'età, nelle categorie seguenti:.

Torbe - (Quaternarie e terziarie recenti).

Ligniti { Xiloidi - (Terziario).
Picee - (Terziario e secondario).

Litantraci - (Lias e carbonifero).

Antraciti - (Antracifero).

La composizione chimica dei carboni fossili è in relazione alla loro età, aumentando con essa la ricchezza in carbonio e diminuendo correlativamente quella degli elementi volatili.

La formazione delle *torbe* è recente ed anche contemporanea: esse nascono ove v'ha una vegetazione lacustre abbondante, per cui le piante muoiono nella parte aerea e rinascono al piede. L'acqua, ricoprendo costantemente una parte della materia legnosa, non ne permette la ossidazione, per cui questa, accumulandosi, forma la torbiera.

Le ligniti hanno invece origine analoga al carbon fossile: esse sono talvolta brune, altre volte nere come il litantrace. I caratteri paleontologici e quelli chimici (le ligniti riscaldate in tubetti esalano acido acetico, mentre i litantraci danno ammoniaca) permettono in ogni caso la distinzione.

I litantraci sono dovuti ad accumulazioni di legna trasportata per flottazione, e che fu sepolta in grandi delta, o estuari, o golfi per l'innalzamento continuo del fondo limaccioso, dovuto al trasporto di materiale che man mano si depositava. Il fenomeno si ripetè molte volte, e così si formarono serie di strati di carbone per successiva particolare decomposizione dei resti vegetali. Questo modo di formazione del litantrace è detto *alloctono,* ossia per trasporto. — Parecchi autori invece ritengono che il litantrace siasi formato per vegetazioni che si svilupparono sul posto — *in situ*

— come oggi accade nelle torbiere: le grandi paludi torbose dell'epoca carbonifera annoveravano però le piante d'alto fusto dell'epoca stessa. Quest'altro modo di formazione è detto, in opposizione al precedente, *autoctono*. La flora, all'epoca carbonifera, era particolarmente lussureggiante in grazia all'umidità ed alla ricchezza di acido carbonico dell'atmosfera ed alla temperatura tropicale che ovunque regnava sopra la terra.

A seconda delle condizioni speciali dei bacini ove si trovavano le masse vegetali, si ebbero strati di carboni potenti, come

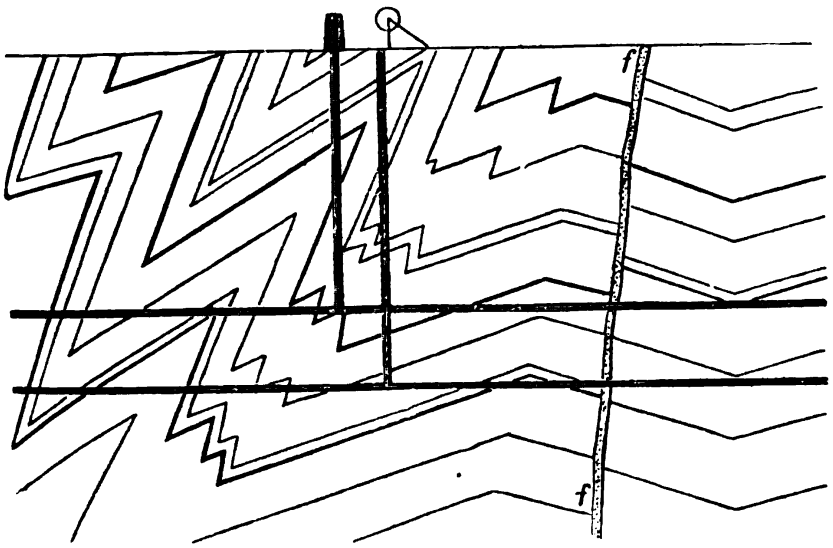


Fig. 26.

nel centro della Francia, o relativamente sottili e ripetuti, come nel nord della Francia, nel Belgio ed in altre contrade.

Il litantrace è costituito di frammenti vegetali in diversi stati d'alterazione, che chiudono nei loro interstizi una sostanza ulmica insolubile, che dà a tutta la massa carattere amorfo. Si hanno in natura diverse qualità di litantraci: magri di sostanze bituminose e ricchi di gas, semigrassi, grassi, magri e poveri di gas. La qualità del carbone varia talvolta in una stessa miniera da strato a strato, ed anche in uno stesso strato dall'una all'altra sponda. Strati potenti di carbone, di 40 ÷ 50 m., si trovano nella Francia centrale.

Il nord della Francia, il Belgio e l'Inghilterra formarono probabilmente un unico grande bacino carbonifero. In quell'ampia regione gli strati hanno piccola potenza (1 ÷ 2 m.) e sono stati particolarmente contorti e pieghettati a zig-zag (fig. 26).

L'Inghilterra è il paese più ricco di carbone d'Europa. Nella Vestfalia e nella Slesia vi sono pure bacini carboniferi molto importanti, ove si contano oltre 100 strati di carbone sovrapposti, ma la produzione di quelle contrade è assai inferiore a quella inglese. Bacini carboniferi, assai meno importanti dei precedenti, si trovano nel centro della Russia, in Boemia e nella Spagna. L'America del Nord è molto ricca di litantraci.

Le antraciti, che sono carboni più antichi dei litantraci, formano pochi piccoli bacini in Francia; si trovano in maggiori quantità in Inghilterra. Esse abbondano negli stati di Pensilvania e di Nuova York, in America, ecc.

Il nostro paese è oltremodo povero di combustibili fossili: conta parecchie torbiere all'uscita delle valli alpine ed a Codigoro nel Ferrarese, ma di piccola estensione: possiede delle ligniti xiloidi in Toscana e delle ligniti picee presso Grosseto ed in Sardegna, ma questi giacimenti hanno modesta importanza industriale. A Seui in Sardegna e nella valle d'Aosta si presentano carboni antichi, che sembrano antraciti; i depositi non presentano però alcun avvenire. L'Italia è quindi tributaria all'estero, e specialmente all'Inghilterra, per oltre 5 milioni di tonnellate di litantrace all'anno.

123. **Idrocarburi naturali.** — I gas naturali sono largamente sfruttati negli Stati di Pensilvania, dell'Indiana, dell'Ohio e nello Stato di Nuova York. Le principali applicazioni industriali dei gas naturali alla metallurgia si trovano però presso Pittsburg, in Pensilvania, dove tre veri fiumi sotterranei di gas, a più di dieci atmosfere di pressione, sono sfruttati mediante trivellazioni profonde più centinaia di metri. I gas provengono da strati calcarei ed arenacei del sub-carbonifero e del siluriano.

Presso noi vi è qualche sorgente di gas nel Piacentino e nel Parmigiano, che serve per la cottura della pietra da calce. La città di Salsomaggiore è illuminata con gas naturale, come parecchi centri della China. I chinesi inoltre da tempo antichissimo cercavano, mediante delle trivellazioni, i gas naturali, che poscia, guidati in condotte di bambù, servivano per evaporare le acque salate, date da altre perforazioni, per ottenere il sale.

CAPITOLO III.

Ricerche minerarie

Della ricerca dei giacimenti di sostanze utili. — Ricerche in regioni inesplorate - in regioni minerariamente note - Ricerca della continuazione dei giacimenti minerari e delle zone ricche che essi racchiudono.
Lavori di ricerca. — Studi preparatori - Strati - Ammassi - Filoni - Esempio di relazione di lavori di ricerca.

Della ricerca dei giacimenti di sostanze utili.

124. Da quanto abbiamo detto risulta evidente la grande importanza che ha lo studio della genesi dei giacimenti per poterli ricercare in natura. Non è possibile dirigere razionalmente delle ricerche senza la guida di cognizioni sulla origine dei giacimenti minerari. Le scoperte minerarie furono in passato opera del caso: così è ben noto che nel 1498 alcune fanciulle, attingendo acqua ad una fontana di Idria, ritrovano nei secchi goccioline di mercurio; nel 1867 fu un ragazzo che raccolse il primo diamante del Capo; nel 1848 il sopraintendente d'una segheria di California vide qualcosa di lucente nella sabbia, lo raccolse ed era oro: la prima pepita di California! Fu pure il caso che fece scoprire i ricchissimi *goldfield* d'Australia. Nella Somma, in Francia, un chimico analizzando per altri scopi delle sabbie, trovò in una il 77 % di fosfato. I giacimenti d'argento del Messico e di Potosi in Bolivia furono pure trovati per fortunata combinazione: due viaggiatori, che nel 1811 attraversavano le Ande, sorpresi da un uragano, si rifugiarono in una grotta ove trovarono placche di argento nativo sulle pareti.

Negli scavi della grande ferrovia dal Canadà al Pacifico s'incontrò a Sudbury un deposito di pirite che dapprima interessò per il rame, e più tardi per il nichelio che contiene: un altro esempio

è dato ora dagli scavi di ferrovia nella regione Cobalh al Canadà. Sulle fortunose scoperte di petrolio vi è una letteratura romanzesca. Infine per la novità del caso, citiamo che recentemente, studiando i disturbi cui andavano soggetti i calcinatori di calamine di una miniera dell'iglesiente, si scoperse che era *idrargirosi* e coll'analisi del minerale, si accertò in esso la presenza del mercurio. — Gli esempi si potrebbero moltiplicare.

125. Ma è evidente che chi vuole far ricerche minerarie deve procedere metodicamente e razionalmente. Noi vedremo come la maggior parte delle induzioni che permettono di guidare le ricerche minerarie, ha fondamento in presupposti genetici.

E si disse *induzioni* perchè appunto in questa materia non si può dare alcuna norma precisa, specifica, poichè per ogni giacimento si dovrebbe dare una regola speciale e questa non potrebbe d'altra parte essere sicuramente formulata che dopo l'esame e la conoscenza del giacimento.

I ricercatori di miniere o *prospector,* in generale, sono deficienti di coltura geologica, ma tuttavia rendono i maggiori servizi all'industria col loro acume, colla loro perseveranza, colla resistenza alle fatiche ed ai disagi che necessariamente accompagnano le esplorazioni nelle regioni disabitate. E si può ben dire che in realtà sono i volgari ricercatori più che i geologi, che scopersero e scoprono le miniere. Ciò si deve alle qualità personali dei ricercatori. La perfetta conoscenza dei luoghi e dei minerali, l'osservanza acuta delle particolarità di giacimenti noti, e anche le relazioni personali numerose con chi percorre le regioni, aiutano nei ricercatori quel certo fiuto, o favorevole istinto di ricerca, che accompagnato dalle doti personali, permisero di dire « *prospector nascitur non fit* ». Tuttavia è evidente che l'empirismo non può che trar vantaggio dai dettami scientifici.

Noi distingueremo in questo capitolo tre ordini di ricerche, e cioè, ricerche di massima in terreni sconosciuti, che riguarderanno la scoperta di giacimenti quali che siano; ricerche in terreni noti, che avranno di mira la scoperta di giacimenti di determinata natura, e, infine, ricerche negli stessi giacimenti, che tenderanno a metterne in luce le parti più ricche.

126. **Ricerche in regioni inesplorate.** — Il ricercatore che percorre una contrada sconosciuta, deve anzitutto cercare di stabilire l'età geologica delle formazioni che in essa affiorano. Noi abbiamo infatti già visto che alcuni giacimenti sono propri di determinate formazioni geologiche: Così il gesso è del trias o dell'eocene; il

litantrace appartiene al permocarbonifero; le venute di rame sono in generale trisiache, con ritorno nell'epoca terziaria, ecc. Stabilita una prima classificazione dei terreni, occorrerà fare uno schizzo stratigrafico della contrada. La conoscenza geologica della regione potrà quindi permettere di giudicare sulla possibilità che si trovino in profondità certi giacimenti: generalmente però questo criterio è negativo, nel senso che esso rende possibile di affermare piuttosto la inesistenza che non la presenza di alcuni giacimenti. Così, ad esempio, se il suolo è siluriano, non sarà possibile che esso racchiuda strati carboniferi, tranne il caso di ribaltamenti di terreni, che del resto la geologia stratigrafica metterà in luce. — In generale nelle formazioni antiche è più probabile trovare giacimenti minerari che non in quelle recenti, sia perchè le formazioni antiche furono maggiormente denudate, sia perchè esse, per la loro lunga età, rimasero più delle recenti in balìa dei fenomeni che originarono le mineralizzazioni metallifere.

I fenomeni orogenetici della contrada possono aiutare il ricercatore perchè talvolta portarono a giorno formazioni profonde, oppure, avendo determinato rotture, favorirono le venute di roccie ignee che, come abbiamo visto, soventi furono causa di mineralizzazioni. L'età delle dislocazioni ha importanza, essendo noto che, per esempio, le più antiche sono frequentemente in relazione a depositi metalliferi.

La natura dei depositi stratificati ha pure grande importanza. Così, in alcune formazioni littoranee si accumularono gli organismi marini che originarono il petrolio: nei gres di Perm si fecero strada le soluzioni cupriche. Il salgemma non si trova nel Mansfeld nella formazione marina dello Zeichstein, ma bensì nelle formazioni superiori a facies lacustre. Lo solfo è nel gessifero del Sarmatiano, formazione di golfi poco profondi: il litantrace è racchiuso in formazioni littoranee, ecc. Nelle regioni sconosciute, per le difficoltà di trasporti, hanno valore soltanto i metalli o le pietre preziose; i materiali litoidi, in generale, non ne hanno alcuno.

Quindi il ricercatore osserverà se si presentano affioramenti di filoni, ed eventualmente ne osserverà le matrici e le traccie di minerali che presentano.

Sovente i giacimenti minerari affiorano con delle masse ocracee ben visibili alla superficie del suolo: Queste masse di ossido idrato di ferro sono dovute ad un naturale processo di ossidazione, che decomponendo i solfuri metallici, li rese solubili, per cui furono asportati dalle acque, mentre il ferro, che sempre accompagna i

giacimenti, passando allo stato d'ossido, rimase insolubile. Tali masse di ferro sono da noi dette, a causa del colore che presentano, ***brucioni***, oppure ***cappelli***, perchè ricoprono i giacimenti, e possono costituire buon indizio per le ricerche.

I contatti fra roccie diverse, specialmente fra roccie eruttive o schisti e calcari, vanno esaminati con cura, pel caso che racchiudessero minerali, come soventi accade.

127. Il materiale caduto per frane naturali, il letto dei fiumi e dei torrenti, riuniscono in loro molti dei materiali che giacciono a monte: si presentano quindi al ricercatore come una ricca collezione regionale, sopratutto se l'esame viene compiuto sul corso d'acqua torrentizio, che quindi non permise ancora separazione alcuna dei materiali secondo la loro densità. La colorazione speciale di alcune roccie o le efflorescenze che esse producono, sono soventi indizio di minerali: così Garnier scoperse la ***garnierite*** della Nuova Caledonia, ponendo mente al colore speciale delle serpentine della regione. — Le efflorescenze verdi o azzurre possono indicare rame, ecc. Analogamente la colorazione delle acque dei rigagnoli può esser dovuta a sali metallici disciolti.

I minerali con le associazioni che presentano, gli elementi delle breccie e dei conglomerati, possono pure fornire al ricercatore utili ragguagli: Le sorgenti mineralizzate o le eventuali incrostazioni che esse determinano lungo il percorso, le sorgenti di gas o di petroli, i fenomeni geyseriani o soffioni, le emanazioni solforose, ecc., possono costituire altrettanti indizi utili al ricercatore. L'esistenza di alcuni elementi metalliferi nei filoni o nelle roccie di una regione, come l'oro e la cassiterite, devono provocare anche l'esame delle alluvioni: similmente la presenza nelle alluvioni di elementi metalliferi, suggerisce la ricerca dei minerali in posto, ecc.

I metalli che usano gli abitanti della regione, i colori che adoprano per dipingere le loro abitazioni, la natura degli utensili domestici che impiegano, potranno mettere il ricercatore sull'avviso dell'esistenza di giacimenti metalliferi.

Infine alcuni animali (come le talpe o le formiche) possono portare a giorno granelli di minerali; e il caso fu più frequente di quello che non possa sembrare: una tana di coniglio determinò la scoperta dei giacimenti di rame dell'Australia del Sud; delle formiche fecero scoprire i giacimenti di fosfati della Florida, ecc.

Naturalmente le cognizioni sulle associazioni dei minerali nei giacimenti possono allargare gli orizzonti del ricercatore: il topazio, la fluorina, la mica nelle granuliti possono lasciar sperare la

presenza della cassiterite, minerale che è sempre accompagnato da un corteo di elementi fluorati. I filoni quarzosi con piriti e solfuri metallici possono racchiudere dell'oro: Nelle miniere di stagno può trovarsi del volframio, ecc.

128. Delle ricerche in regioni minerariamente note. — In questi casi il problema si presenta più definito, poichè si tratta di ricercare in una regione ove già esistono note coltivazioni minerarie, la presenza di giacimenti analoghi.

Un criterio affatto generale, che deve guidare le ricerche di questa natura, è quello *storico* od *archeologico*. Nei paesi civili, o che ebbero antiche civiltà, assai difficilmente sfuggirono all'attenzione umana quegli indizi che potevano mettere sulla via della scoperta di giacimenti di sostanze utili. E gli indizi che erano osservabili, sono oggi più appariscenti per l'esistenza dei lavori di ricerca compiuti nel passato. Consistono questi lavori, a seconda dell'età loro, in pozzetti verticali, o cunicoli, o gallerie, o scavi a giorno, secondochè furono praticati sugli affioramenti di filoni, o degli ammassi, o negli strati del materiale utile che affiorava.

Se i lavori sono di data remota ed aperti in roccia dura, generalmente sono angusti e tortuosi perchè gli antichi minatori seguivano passo passo le vene di minerale racchiuse nella roccia, che solo faticosamente potevano abbattere. Nell'infanzia dell'arte del minatore i lavori si intraprendevano direttamente nel minerale, che si seguiva dall'alto verso il basso, portando alla superficie con grande stento il materiale scavato ed anche sovente l'acqua che sul fondo dei pozzi si raccoglieva. — Fu più tardi che si intrapresero le coltivazioni minerarie con maggior larghezza di vedute, dirigendo i lavori orizzontalmente, magari attraverso roccie sterili per giungere nelle zone con minerale, e rendere così meno faticoso il successivo trasporto all'esterno del materiale abbattuto. Man mano che la montanistica progredì, arricchendosi di mezzi di abbattimento delle roccie più potenti, le dimensioni dei lavori sotterranei accrebbero. Tuttavia gli antichi minatori, ove trovarono minerale abbondante, anche colla semplice punteruola, senza l'aiuto nè del fuoco, nè di esplodenti, crearono dei vuoti maestosi.

I lavori antichi si presentano come scavi superficiali, rimasti aperti o franati; come scarichi di materiale detritico sterile, proveniente dagli scavi e lasciato in prossimità ad essi; in imbocchi di gallerie, ecc. Talvolta mancano affatto questi indizi, che il tempo cancellò, e si osservano invece degli avvallamenti del terreno vegetale, segno di antiche escavazioni o di vuoti sotterranei franati.

Così all'Elba gli antichi coltivarono in alcuni punti pianeggianti del minerale di ferro, ma sulla superficie erbosa ora rimangono soltanto, come vestigio degli antichi scavi, dei lievi avvallamenti.

Si ritrovano pure, lasciati sul posto dagli antichi minatori, i cumuli del minerale detritico che a loro non serviva nei forni: così all'Elba per molti anni si coltivarono delle grandiose *gettate* di minerali di ferro lasciate dagli *antichi*.

Anche le scorie dei bassi fuochi, che lavoravano nelle vicinanze delle antiche miniere, possono dare utili indizi. Talvolta di queste scorie se ne ritrovarono quantità enormi, come p. e. al Lauriom in Grecia, ove una parte delle *ekvolade*, e precisamente quelle anteriori a Solone, furono vantaggiosamente trattate recentemente, perchè relativamente ricche di metallo.

È evidente che i detriti e le scorie fanno testimonianza della vicinanza di antichi giacimenti coltivati.

L'arte mineraria è antichissima: si citano le coltivazioni di rame di Aramo, nelle Asturie, anteriori di 30 secoli all'êra cristiana. È naturale che in così lungo volgere di tempo, date le particolari condizioni del passato per guerre, invasioni, rivolte, epidemie, carestie, svalutazione dei metalli, ecc., delle miniere produttive siano state abbandonate e che di esse non siasi conservata neppur la tradizione. Solo i lavori compiuti rimasero ad attestare l'esistenza dei giacimenti.

Questi indizi sono oggi oltremodo preziosi: essi, se di lieve momento, ricordano che quei punti attirarono l'attenzione degli antichi, se invece sono estesi, dimostrano che gli antichi colà lavorarono intensamente. Nel primo caso converrà sincerarsi sull'esistenza del giacimento; nel secondo, vedere quanto abbandonarono gli antichi coltivatori. Nell'uno e nell'altro caso giova non dimenticare che quasi nessuno dei nostri giacimenti, oggi scoperti o coltivati, sfuggì alla sagacia degli antichi: solo i giacimenti dei metalli che gli antichi non usavano o dei minerali non conoscevano, furono lasciati vergini: Così in Sardegna i nostri predecessori non estraevano piombo dal carbonato e trascuravano quindi questo minerale; nè essi conoscevano le calamine (poichè l'estrazione dello zinco dai minerali è recente); nelle nostre miniere di zinco sono infatti rarissimi i lavori antichi, e quelli che esistono, in ogni caso miravano alle vene di galena che accompagnano le calamine.

129. Ma se solo pochissimi dei giacimenti che coltiviamo non furono intaccati dagli antichi, nessuno fu sfruttato interamente; che anzi, nella maggior parte dei casi, o per la durezza della

roccia, o per l'eccessiva profondità del lavoro, o per il relativo impoverimento del giacimento, o per l'incontro del livello delle acque, o per cause economiche o sociali cui già si fece cenno, o per l'imperfezione dei mezzi di trasporto, lo sfruttamento dei depositi metalliferi non potè mai esser compiuto interamente.

La ripresa quindi delle antiche lavorazioni abbandonate coi moderni mezzi di abbattimento e di arricchimento dei minerali è, in generale, profittevole. Da noi, non solamente per ciò che riguarda i lavori molto antichi, ma anche per lavorazioni abbandonate da 20 o 30 anni, quanto si disse fu verificato in molti casi.

Hanno inoltre favorito la ripresa di coltivazioni abbandonate in passato e l'apertura di nuove coltivazioni, i progressi incessanti della metallurgia, per cui oggi si trattano con profitto minerali che prima sarebbero stati di trattamento difficile od anche impossibile: Basterà citare due esempi eloquenti al riguardo. L'introduzione nella regione toscana, per merito dell'ing. Spireck, dei forni Czermak da lui perfezionati, permise di trattare, e quindi di coltivare, minerali così poveri di mercurio che prima non avrebbero avuto valore. Così pure — in una scala molto più vasta — l'invenzione della defosforazione, fatta dagli inglesi Thomas e Gilchrist mise in valore dei giacimenti di ferro fosforoso, che prima erano affatto trascurati, come i grandi depositi di ferro oolitico del Lussemburgo e della Lorena, che da trent'anni si coltivano con grande intensità e profitto.

130. L'industria mineraria nelle passate epoche ebbe in alcune contrade periodi di grande floridezza, sicchè fu regolata da speciali leggi o codici locali, i quali sovente scendevano al dettaglio di considerare le varie miniere. La scoperta di tali documenti può quindi essere di utile ausilio al ricercatore. Così ad esempio si cita lo *statuto* emesso dalla Repubblica di Massa Marittima per coordinare i lavori minerari della regione, e si cita anche il Breve di Villa di Chiesa per l'Iglesiente in Sardegna.

Non soltanto i codici possono offrire indizi di vecchie coltivazioni, ma anche gli elenchi di decime, di oneri, di diritti feudali, ecc., che si pagavano nelle antiche regioni minerarie, possono avvisare il ricercatore e precisargli l'esistenza nella località di antiche miniere. Gli studi storici possono condurre ad eguali risultati: Così per spiegare l'abbondanza d'argento che nei secoli avanti Cristo si verificò nell'Attica, si pensò naturalmente che colà dovevansi coltivare miniere, e fu così avviata la scoperta del Laurion attuale.

131. I nomi delle località possono ricordare l'esistenza di antiche miniere, da cui la regione prese il nome, che si conservò attraverso i secoli, mentre si spegneva il ricordo della miniera: i nomi di *Argentiera,* che noi abbiamo nella Nurra di Sardegna e presso Auronzo nell'alto Veneto, stanno ad indicare depositi argentiferi che colà si coltivarono in passato e si coltivano tutt'ora. *Ponte dell'Olio* è il nome dell'antico ponte sul Nure presso il quale convenivano i ricercatori d'olio del Piacentino a vendere il prodotto (petrolio o olio di sasso che era adoperato come medicinale). Capo Calamita all'Elba indica il giacimento di ferro magnetico colà esitente. Porto Ferraio accenna al commercio del ferro elbano, ecc.

All'estero poi la rubrica di questi nomi sarebbe infinita: in tedesco, ad esempio, il prefisso *berg* dei sostantivi indica miniera [*bergmann*, minatore — *bergwesen,* lavori montanistici o minerari] Stahlberg, Bleiberg, Eisenberg, ecc. sono nomi di località ben note dal punto di vista montanistico. In America recentemente nacquero nomi analoghi: Iron montain, Leadwille ecc.

Anche indirettamente i nomi delle località possono servir di guida nelle ricerche: Così il nome di *Pestarena*, che è dato alla miniera d'oro di Val Anzasca, trae l'origine sua dal lavoro dei pestelli che trituravano il quarzo fin dall'epoca romana. *Rio Tinto* deve tal nome al ruscello le cui acque si tingono di azzurro per i sali di rame che disciolgono. Il nome *Miniera*, che è dato a qualche nostro villaggio ove esistevano antiche miniere, trova riscontro nel nome spagnuolo « Al Maden » che ha lo stesso significato.

Non è però inutile far menzione che i nomi delle località possono talvolta anche condurre a false deduzioni: per esempio a Monte Argentaro, presso Orbetello, si coltiva non già dell'argento ma del minerale di ferro manganesifero.

132. Per l'esposizione dei criteri da seguirsi nelle ricerche sul terreno non faremo distinzione fra i vari giacimenti, e accenneremo solo ai criteri generali. La maggior parte delle osservazioni particolari a dati giacimenti, troverà posto nella trattazione della ricerca delle continuazioni, o della ricerca delle zone ricche, dei giacimenti minerari.

Anzitutto, volendo intraprendere la ricerca di giacimenti di una certa sostanza in una data regione, sarà necessario di indagare quali origini ebbero i giacimenti analoghi che già si conoscono nella contrada. Si stabilirà quindi dapprima se trattasi di giacimenti stratificati, di ammassi o di filoni.

Nel primo caso converrà anzitutto determinare l'età dello strato che interessa, o direttamente se lo strato racchiude fossili, o riferendolo stratigraficamente a formazioni note. Avremo allora l'orizzonte geologico cui appartiene lo strato: verosimilmente esso lo si potrà ritrovare nelle parti della regione ove tale orizzonte esiste. Così nell'Iglesiente sono ricche di giacimenti mineralizzati le formazioni siluriane; povere invece quelle cambriane: converrà quindi nel siluriano dirigere le ricerche: così pure gli zolfi sono in Sicilia ed in Romagna propri di un dato orizzonte terziario: i calcari cementizi di Casale appartengono all'eocene e più non si ritrovano verso Asti, mentre compariscono nello Stradellino, ecc. La formazione marmifera del Carrarese è compresa fra l'infralias e il paleozoico, ed il complesso di strati subì principalmente due grandi pieghe, che furono profondamente erose: il marmo ha quindi il suo orizzonte ben determinato nella regione.

Quanta importanza abbia la stratigrafia in queste ricerche, balza evidente. Essa sola ci permette di indurre se in una località è o non è possibile ritrovare uno strato determinato. Se però la stratigrafia può dire con sicurezza che in un dato punto non esiste un determinato strato (perchè, ad esempio, i terreni sono geologicamente più antichi) non può dirci in modo egualmente sicuro se lo strato, inteso in senso minerario, esiste, perchè pur esistendo la *formazione*, può darsi che quel dato strato di minerale manchi o che si presenti sterile. Così la formazione carbonifera, geologicamente intesa, esiste in più punti delle Alpi, ma essa è sterile di carbone.

Se i giacimenti noti si presentano come ammassi, bisognerà cercare di stabilire se sono di segregazione, di estrazione o metasomatici, ecc., nei quali casi converrà esaminare le roccie della regione, osservare se presentano traccie di minerali, oppure dirigere le ricerche sui contatti o nelle zone prossime ad essi, dove le roccie si presentano alterate, od anche nei calcari. Così si dirigono, infatti, le ricerche di minerali di rame nelle roccie ofiolitiche dell'Appennino, quelle di pirrotine nichelifere nelle noriti di Norvegia, le ricerche di calamine nel calcare dell'Iglesiente, ecc. Fra tutte le ricerche minerarie quelle degli ammassi sono le più incerte.

Se infine trattasi di filoni, occorrerà determinarne anzitutto la pendenza e la direzione, ed osservare se nella regione si presentano altri filoni paralleli, poichè abbiamo visto che i filoni paralleli sono generalmente mineralizzati nello stesso modo. Verificato il parallelismo dei filoni secondo la direzione e la inclinazione, si

esamineranno gli affioramenti, la natura delle ganghe, le traccie eventuali di mineralizzazione ecc.

Utilissimo indizio per le ricerche di questa natura nelle regioni minerariamente note, sono i *cappelli di ferro* cui già accennammo, i quali possono coprire o ammassi di minerale o filoni. È naturale, infatti, che se in una data regione dei giacimenti noti e ricchi sono coperti da cappelli, la presenza di cappelli analoghi in altri punti sarà un indizio promettente.

Le associazioni minerarie pure costituiscono preziosi indizi, perchè, ad es., se un filone di quarzo piritoso è aurifero e se si presentano nella regione altri filoni con eguale ganga moschettata di pirite, è probabile che essi contengano pure dell'oro, essendo le due specie mineralogiche soventi associate.

Queste induzioni mineralogiche sono di utile ausilio al ricercatore, poichè, come abbiamo visto, esistono rapporti paragenetici fra i vari minerali. Nel distretto di Freiberg i filoni a ganga di quarzo sono argentiferi; la cromite delle alluvioni degli Urali accenna al platino: il topazio, la tormalina ecc., alla cassiterite; in alcune regioni si ebbero venute contemporanee di galena e di blenda e siccome in passato si coltivò assai più la galena che la blenda, tale probabile associazione può mettere sulla via di scoprire giacimenti di blenda nelle antiche miniere di piombo: così pure dicasi pel volframio che accompagna lo stagno, ecc. I petroli sono accompagnati da idrocarburi, e nelle regioni petrolifere, ove naturalmente si svolgono idrocarburi, si può sperare nella presenza di petrolio; così pure essendo il cinabro dovuto a fenomeni idrotermali solfatariani, dove in una regione cinabrifera esistono borbotti d'idrogeno solforato o sorgenti solfuree (putizze) si ha un indizio sulla possibile esistenza di cinabro.

Altre associazioni con caratteri regionali sono quelle dell'apatite in alcuni minerali di ferro della Svezia e del rame, argento, oro nei minerali di ferro dell'Ungheria: Effettivamente delle numerose miniere di ferro che conta lungo tutti i suoi confini l'Ungheria, molte anticamente coltivavano metalli di pregio. Nelle Alpi fra il lago di Como e quello d'Iseo si riscontrò in qualche punto l'associazione del ferro con lo zinco: pare che gli antichi filoni di carbonato di ferro siansi colà riaperti per accogliere venute di blende.

133. Ma vi sono degli indizi mineralogici molto più sicuri di quelli precedentemente accennati. I minerali metalliferi, specialmente i solfuri, sono quasi costantemente accompagnati da ferro.

Accade quindi, come abbiamo già accennato, che negli affioramenti di minerali i solfuri si solfatizzino e siano asportati dalle acque mentre i composti di ferro, ossidandosi, restano in parte allo stato insolubile, formando delle masse generalmente spugnose d'ossidi più o meno idrati. Queste masse ocracee o limonitiche ricoprono quindi sovente i giacimenti di minerali, ed assumono particolare importanza nelle regioni minerarie. Esse prendono da noi il nome di *brucioni* in causa del loro colore, oppure quello di *cappello di ferro* (del giacimento), traduzione letterale dell'*eisen-hut* dei tedeschi. Gli inglesi le chiamano *gossan* e sia in Germania come in Cornovaglia, si ripetono degli aforismi rimati, che suonano così: non v'ha giacimento ricco senza un bel cappello.

Ticchi, stelle o concentrazioni di minerali metalliferi possono osservarsi direttamente sugli affioramenti dei giacimenti o ritrovarsi nel detrito rovinato da frane o convogliato da corsi d'acqua. Talora il minerale utile è macroscopico, altre volte invece è microscopico e va osservato colla lente e con qualche accorgimento. Così ad esempio gli indizi di cinabro nelle argille, si manifestano in modo alquanto più evidente, confricando i pezzi d'argilla fra loro. Le arenarie con petrolio talvolta manifestano la presenza dell'olio solo immergendole nell'acqua: il petrolio abbandona l'arenaria e galleggia. Le sabbie aurifere sono provate lavandole in un piatto (batée) e contando poi colla lente le pagliuzze d'oro che rimangono, ecc.

Riconosciuto il minerale nelle alluvioni, si può ricercarlo nei depositi originari. I filoni stanniferi di Malacca furono facilmente scoperti, osservando che la cassiterite delle alluvioni presentava spigoli non molto arrotondati; indizio questo evidente della vicinanza dei giacimenti primari, ecc.

La geologia in molti casi ha prestato importantissimi servigi al ricercatore, specialmente per rintracciare giacimenti stratificati. Accadde sovente che i fenomeni geologici che produssero alcuni strati di minerali o mineralizzati, si siano ripetuti più volte nella località, originando così più strati. È noto, infatti, che gli strati di litantrace nelle regioni carbonifere sono numerosissimi: ad es. oltre 150 nella Vestfalia. Parimenti gli strati di minerali oolitici nella Lorena si trovano ripetuti 3, 4 volte, ecc. I petroli si ritrovano sovente nelle regioni petrolifere in diversi orizzonti sovrapposti: così dicasi degli strati di asfalto, di argille, di arenarie, ecc. È quindi utilissimo ricercare se sotto dati strati che si coltivano, ne esistono altri analoghi. Non è in questi casi sempre necessario

farè delle vere ricerche in profondità, ma basterà vedere in altri punti della regione, ove affiorano formazioni della stessa epoca, se si presentano strati del materiale che interessa di ritrovare.

134. Infine hanno importanza per la ricerca dei giacimenti di minerali magnetici, le osservazioni magnetiche. Questo metodo, reso sistematico, è impiegato nella Svezia per miniere di magnetite e nichelio, o di rame e cobalto misti a magnetite; nella Spagna per le ricerche di magnetite, e nella regione di Sudbury per la ricerca delle pirrotine nichelifere, che sono pure minerali magnetici. Esso fu utilmente impiegato per la ricerca di depositi di magnetite in Val d'Aosta.

Un apparecchio speciale — detto *magnetometro* — serve per queste ricerche. Esso è dovuto a Thalén-Tiberg, due svevi, inventore l'uno e perfezionatore l'altro del metodo.

In Svezia da oltre un secolo s'impiega nelle miniere una speciale bussola, il cui ago magnetico è sospeso in guisa di potersi muovere sia nel piano orizzontale come in quello verticale: esso è equilibrato in modo di mantenere la posizione orizzontale quando solo il magnetismo terrestre agisce, e cioè quando non è influenzato da azioni perturbatrici, come sarebbero quelle che nascono da giacimenti polari o magnetici.

Basta quindi osservare l'inclinazione anormale dell'ago per constatare la presenza di minerali magnetici e la probabile loro massa. — Quasi tutti i giacimenti di ferro della Svezia, come pure molti giacimenti attrattivi d'altra natura, sono colà stati scoperti con queste semplici osservazioni, le quali sono rigorosamente scientifiche e non hanno nulla in comune coll'asta o triangolo divinatorio, ciarlatanesco strumento che fu in uso per lungo tempo in altri paesi minerari d'Europa. Il sistema di osservazioni magnetiche venne poi precisato con il magnetometro e la bussola d'inclinazione di Thalén e di Tiberg.

Il magnetometro di Thalén consiste in una bussola a lembo graduato, alla quale, normalmente al meridiano o o, e cioè nella direzione $0 \div 90^0$, fa seguito un braccio graduato, lungo una ventina di centimetri, sul quale può scorrere un magnete di deviazione, che si può fissare in posizione conveniente per mezzo di una vite di pressione, od anche togliere dal braccio. L'apparecchio può ruotare attorno all'asse verticale passante pel perno dell'ago, ed è montato sopra un trepiede, come qualunque altro strumento topografico. Messo con un apposito livello a bolla d'aria lo strumento orizzontale, si muove la graduazione in modo che lo zero

corrisponda all'ago, poi si colloca in posizione il magnete, in guisa che, per es., l'angolo di deviazione sia 30°. Quest'operazione si compie in un terreno *neutro*, cioè senza depositi di minerali magnetici.

Ciò fatto si porta il magnetometro sul terreno nel quale si vuol determinare la posizione del giacimento, e si fa una serie di stazioni in punti determinati, per es. dall'incrocio di due serie di allineamenti distanti fra loro 10 m. e che s'incontrano ad angolo retto. In ogni stazione si determina la componente orizzontale della risultante della forza magnetica terrestre e di quella del minerale.

Queste determinazioni si fanno nel modo seguente: messo dapprima lo strumento orizzontale col livello a bolla, si porta lo zero della graduazione in corrispondenza dell' ago, poscia si inserisce sul braccio il magnete nella posizione che era stata determinata per la deviazione di 30° sul terreno neutro. Si legge il nuovo angolo di deviazione *d*. Si riportano le letture sulla carta topografica, sulla quale si segnarono i punti di stazione. Unendo fra loro le letture eguali, si tracciano delle linee *isodinamiche*, cioè di egual forza magnetica. Si ottengono così delle linee le quali, partendo dalla linea neutra in cui $d = 30$, si deformano, per chiudersi man mano attorno a due punti, di cui uno corrisponderà al massimo valore di *d* e l'altro al valore *d* minimo. Unendo questi due punti *d* max e *d* min si avrà una direzione che intersecherà il minerale e precisamente, se nel caso nostro $\text{sen } 30^0 < 3 \text{ sen } d\ min.$ l'incrocio di quella direzione colla linea neutra, ci indicherà il punto nella cui verticale si trova il giacimento.

135. La bilancia di inclinazione di Tiberg è però da qualche anno lo strumento preferito per queste determinazioni. Essa consiste in una bussola d'inclinazione, di 8 cent. di diametro, il cui ago è mobile in un solo piano ed ha la sospensione un poco al disotto del suo centro di gravità. Questa bussola si adatta per mezzo di due maschi, posti sul 0-180°, verticalmente in una scatola, od anche si può disporre orizzontalmente. Ecco come si procede nelle osservazioni: Dapprima sopra un terreno neutro la bussola è disposta orizzontalmente, in modo che l'asse che passa pei due maschi riesca normale alla direzione del meridiano magnetico. Si raddrizza allora la bussola, per disporla in un piano normale alla direzione dello stesso meridiano magnetico: Con un piccolo contrappeso si equilibra l'ago in modo che esso rimanga orizzontale.

Si porta allora lo strumento così tarato sul luogo delle ricerche, che è stato quadrettato con dei picchetti come già si disse.

Si fa la stessa manovra detta in precedenza, riportando la bussola nel piano normale. L'ago non sarà più orizzontale, perchè influenzato dalla componente magnetica verticale del giacimento. L' attrazione del giacimento è in parte annullata, sulla coppia direttrice dell'ago, dal peso dell'ago stesso, il quale è imperniato un po' sotto il suo centro di gravità.

Detta P la forza magnetica del giacimento e Q il peso dell'ago di lunghezza $2\ l$, se la distanza fra il centro di gravità dell'ago e il suo punto di sospensione è a e l'angolo di inclinazione γ, avremo:

$$P\,l \cos \gamma = Q\,a \sin \gamma$$

$$P = \frac{Q\,a}{l} \text{tang } \gamma = k \text{ tang } \gamma$$

P è quindi proporzionale a *tang* γ; ove γ è massimo (γ max), si avrà nella verticale il giacimento, e collegando fra loro gli angoli eguali γ, si tracceranno sul piano le linee *isocline,* ossia di eguale inclinazione. Esse sono linee chiuse attorno a γ max., ed a γ minimo, che corrispondono ai due poli della massa magnetica. Il polo cui corrisponde γ max, segnerà in generale il luogo del giacimento più prossimo alla superficie, per cui la linea γ max — γ min. darà la direzione della pendenza del giacimento (*Dahlblom*).

In questo genere di ricerche occorre che l'operatore sia sperimentato, essendo soventi ben difficile l'interpretazione delle linee isodinamiche o isocline, sopratutto quando la regione racchiude diverse lenti magnetiche irregolarmente disposte.

Sulla ricerca della continuazione dei giacimenti minerali e delle zone ricche che essi racchiudono.

Per dare un cenno sommario, ma sufficientemente completo dell'argomento, distingueremo il caso della continuazione del giacimento, da quello della ricerca delle sue parti ricche, e considereremo al solito successivamente i giacimenti in forma di ammassi di strati e di filoni.

136. *Ammassi.* — Siccome le idee genetiche che si possiedono sugli ammassi sono sovente poco precise, così è assai difficile dare per questi giacimenti norme sull'argomento. Unico criterio da seguire è quello che scaturisce dalla genesi stessa del giacimento: se esso è dovuto a segregazione magmatica necessariamente nella re-

gione vi sarà la roccia eruttiva madre del giacimento noto. Così i giacimenti di rame della Liguria ed alcuni della Toscana sono subordinati alle roccie della formazione ofiolitica da cui provengono (serpentine, gabbri, ecc.). In tale formazione si conosce infatti il rame non solo in Italia, ma nella Serbia, nella Grecia, in Corsica. Sovente i giacimenti di segregazione si troveranno sui bordi delle masse eruttive e di preferenza a contatto dei calcari o degli schisti, ecc.

Se gli ammassi hanno origine metasomatica, converrà, evidentemente, por mente alla continuazione delle fratture che eventualmente presentano i calcari, e sul cui piano si trovano le masse già note. Le direzioni degli strati o dei contatti possono in questi casi dare utilissimi indizi, perchè lungo essi circolarono di preferenza le soluzioni mineralizzate. Se gli ammassi hanno forma lenticolare e sono interclusi in formazioni stratificate, la direzione del piano della lente darà qualche indizio per ricercare la continuazione del giacimento o la presenza di altri giacimenti analoghi, che si depositarono nelle stesse condizioni originarie.

137. I grandi ammassi di minerali hanno in generale una composizione pressochè costante in ogni punto, e ciò è conseguenza del modo nel quale si formarono. Tuttavia vi sono numerose eccezioni, ed i cambiamenti che si riscontrano negli ammassi di minerale, poterono avere un'origine *primaria* o *secondaria;* primaria se dovuta a fenomeni intervenuti all'atto della formazione, secondaria se per azioni posteriori, che mutarono la distribuzione primitiva del minerale nel giacimento. Così ad es. il giacimento di rame di Montecatini presentò un grande arricchimento nella sua parte profonda, e da alcuni si ritiene che tale arricchimento sia nato quando per la serpentinizzazione della roccia si formò il giacimento: Da altri si ritiene invece l'arricchimento dovuto a separazione specifica del magma metallifero, più pesante di quello litoide. L' origine dell' arricchimento in entrambi casi sarebbe primaria.

Nei giacimenti di pirite cuprifera di Rio Tinto, come in generale in tutti i giacimenti cupriferi coperti da cappello di ferro, si osserva un arricchimento di rame in profondità. Ciò si spiega facilmente, perchè il solfuro di rame inizialmente contenuto nel cappello, che a Rio Tinto ha più di 30 m. di potenza, ossidatosi, fu disciolto dalle acque e si depositò nuovamente, per riduzione, nelle parti sottostanti del giacimento, arricchendole di rame: l'arricchimento ha in questo caso origine secondaria.

Gli ammassi talvolta presentano variazioni nel tenore per le

sostanze estranee che contengono, così p. e. un ammasso di minerale di ferro può presentarsi in alcuni punti più ricco di pirite che in altri (fenomeni secondari), oppure può presentare in alcune parti un arricchimento in fosforo ecc.

138. *Strati.* — Abbiamo già accennato come nella ricerca degli strati in una regione minerariamente nota, convenga tener presente la possibilità di una eventuale ripetizione degli strati di minerale, per cui oltre lo strato di minerale che è noto, se ne possono in profondità rinvenire altri analoghi.

Gli strati di minerale, ed in generale tutti gli strati, hanno una estensione relativamente notevole e l'andamento dello strato, ossia la sua posizione nei vari punti della regione, è rivelato dalla tectonica della regione, poichè lo strato utile ha subito le stesse dislocazioni degli altri strati che lo comprendono. Un primo criterio quindi per giudicare della continuazione di uno strato, è appunto quello di osservare l'andamento degli strati caratteristici che lo accompagnano e che possono a distanza riapparire indipendentemente da quello mineralizzato. Così ad es. nella regione del calcare cementizio di Casale, si depositarono altravolta parecchi strati di calcare, di composizione differente al punto di essere facilmente distinguibili ad occhio. Il complesso degli strati fu poi dislocato e sconvolto dal sollevamento appenninico, sicchè gli strati perdettero non solo l'orizzontalità primitiva, ma anche la loro continuità. Siccome è ben conosciuta per ripetute osservazioni la successione dei vari strati, ogni pratico del luogo, osservando quale strato affiora, sa dire con sufficiente precisione se ed in quale posizione relativamente allo strato visibile, si trovano quelli cementizii.

La ricerca della continuità degli strati di materiale utile è quindi problema stratigrafico, considerato in una regione limitata. Se la regione presentasi incisa da valli, la ricerca dello strato utile può riuscire facilitata, osservando nelle sezioni naturali la posizione delle formazioni che si trovano a letto, od a tetto, dello strato cui interessa cercare la continuazione.

Se la regione non presenta delle sezioni naturali, sarà mestieri cercare gli affioramenti dello strato, misurarne la direzione e l'inclinazione, osservarne la concordanza o l'eventuale discordanza coi terreni che lo comprendono, e seguire, nel caso manchino gli affioramenti dello strato utile, l'andamento tectonico, nella regione, di quelli caratteristici, che lo accompagnano.

La geologia generale presta in questi casi il più utile ausilio al ricercatore, dandogli ragione delle *faglie*, che possono aver

troncato e spostato lo strato, dei depositi in trasgressione per cui lo strato può cessare a cuneo allungato, del profondarsi dello strato sotto formazioni più giovani, ecc. Così sono gli studi geologici che rivelarono l'esistenza nel nord della Francia, sotto più centinaia di metri di terreni di ricoprimento, degli strati carboniferi che nel Belgio affiorano alla superficie. Parimenti nella Francia si ritrovarono i prolungamenti degli strati di carbone del bacino di Carmaux e gli strati di oolite ferruginosa nel paese di Briey, che prima erano conosciuti solo nel Lussemburgo e nella Lorena.

In questi casi quanto siano utili le carte, e sopratutto le sezioni geologiche, è facile comprendere: ed anzi per giudicare dei prolungamenti degli strati utili è necessario formare la carta geologica della regione che si considera, per derivarne poi le sezioni ideali che servono a determinare l'andamento e la posizione dello strato che interessa, per rispetto alle formazioni che lo ricoprono.

Quando lo strato mineralizzato è nato da impregnazioni di sostanze minerali apportate da soluzioni, è evidente che la sua composizione non potrà essere uniforme sopra tutta la estensione, poichè le soluzioni non percorsero uniformemente tutto lo strato, ed anche perchè durante il percorso diminuì naturalmente in esse il tenore in metallo. Così, ad es., lo strato cuprifero del Mansfeld presenta delle variazioni notevoli da punto a punto nelle quantità di rame e di argento che contiene. Tali variazioni sono in relazione colle fenditure dei rigetti e colle piegature degli strati; il che costituisce un argomento in favore all'ipotesi che lo strato cuprifero del Mansfeld sia dovuto ad impregnazione per soluzioni cupriche dello schisto. Nel Mansfeld s'osservá però anche che ove nello schisto abbonda il bitume, aumenta la proporzione di metallo, argomento di conferma per l'ipotesi della precipitazione dei metalli dovuta agli organismi.

Variazioni della stessa natura, dovute cioè alla genesi dello strato di minerale, sono frequenti in tutti i giacimenti stratificati metalliferi.

139. Se si considerano gli strati sedimentari, è chiaro che, pel loro modo di deposizione, nel senso dell'ampiezza, in generale, essi si presentano omogenei. Le differenze di composizione si manifestano piuttosto secondo lo spessore, ed è naturale che così sia, se si pon mente al processo pel quale lo strato si è originariamente formato. Talvolta poterono apportare modificazioni fisiche alla natura dello strato i fenomeni dinamici, dinamometamorfizzandolo, rendendone ad es. schistosa una parte ed analo-

gamente fenomeni chimici possono aver trasformato parzialmente lo strato.

I fenomeni meccanici possono pure aver influito notevolmente sulla ricchezza dello strato: uno strato primitivamente costante nella sua potenza, può esser stato eroso parzialmente da corsi d'acqua, prima di essere ricoperto dai terreni superiori.

Effetto di compressioni sono i grandi rigonfiamenti di carbone (che costituirono zone ricche per eccellenza) di alcuni strati del centro della Francia, p. es. del Creusot, (fig. 27) ove lo strato, che ha normalmente 12 ÷ 14 m. di potenza ed è inclinato di 70°, raggiunge 40 m. di potenza di carbone: la massa Ricamarie di S. Etienne, che proviene da uno strato che in andamento normale ha 12 ÷ 15 m. di potenza, misurò in un rigonfiamento 60 metri di carbone.

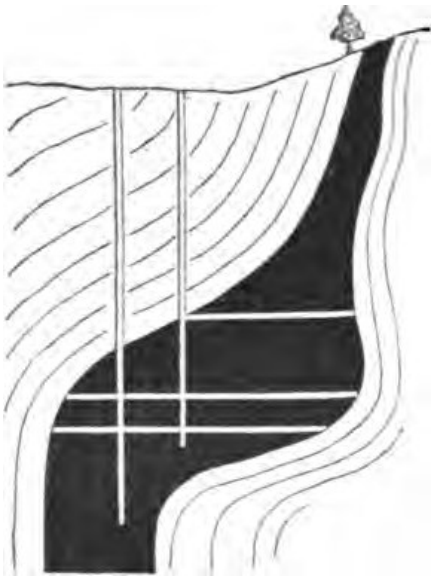


Fig. 27.

140. Altrevolte la diversa potenza di uno strato è l'effetto di piegamenti e di successive erosioni. Così ad es. nel grande giacimento di ferro di Krivoi-rog in Russia si osserva che il minerale, che si presenta sotto circa 30 m. di argille e sabbie, offre una sezione verticale composta di una serie di triangoli isosceli, volti colle basi in alto, e queste masse di minerali si protendono in direzione, mantenendo la sezione triangolare. Evidentemente lo strato primitivo di minerale subì coi terreni che lo comprendevano, una deformazione a zig-zag per pressioni laterali ed in seguito l'erosione superficiale denudò, rendendola piana, la parte superiore e su tal piano, rimasto poi orizzontale, si depositò lo strato di argilla e di sabbia sotto il quale ora si ritrova il minerale, disposto, come si disse, in masse allungate, parallele.

Grande importanza hanno le pieghe degli strati per ciò che riguarda la distribuzione delle zone ricche nelle regioni petrolifere.

Come abbiamo già visto (v. pag. 99) il petrolio ebbe origine dalla decomposizione di resti organici marini stati sepolti dalle alluvioni. La mineralizzazione petrolifera in tali formazioni era quindi all'inizio assai disseminata, e non avrebbe certamente dato

luogo a giacimenti industrialmente importanti, se fenomeni posteriori non avessero spostato il petrolio dalle sedi primitive, per riunirlo in alcuni punti delle formazioni.

Gli strati che contenevano disseminato il petrolio, subirono delle compressioni laterali e si ondularono. Effetto immediato di queste deformazioni fu un cambiamento nel regime idrostatico delle formazioni, pel quale le acque sotterranee messe in movimento, spostarono dalle loro sedi le goccioline di petrolio, che, più leggere dell'acqua, dovettero necessariamente riunirsi nelle parti alte delle formazioni stesse. Siccome gli strati petroliferi sono sempre di natura littoranea e quindi relativamente porosi, il petrolio potè man mano guadagnare le parti alte delle ondulazioni, ossia le ***anticlinali*** per raccogliersi sotto le vôlte formate dagli strati impermeabili del complesso, che ne arrestarono l'ascesa. — Negli strati porosi, quindi, subordinati a formazioni impermeabili, e precisamente lungo le ***anticlinali***, si formarono i grandi depositi petroliferi, perchè colà il petrolio si raccolse negli strati porosi e rimase al riparo dalle cause di disperdimento per mancanza di ulteriore circolazione. Ciò spiega anche il fatto di ritrovare col petrolio delle acque che conservano l'originaria salsedine.

Che il petrolio di preferenza si trovasse nei campi petroliferi secondo certe direzioni, era noto da tempo in America, e gli americani seguivano appunto le ***oil lines***, determinandone la direzione coll'allineamento dei pozzi più produttivi. Oggi è regola elementare ricercare il petrolio secondo le anticlinali degli strati che lo racchiudono. Se queste sono a dolce pendenza, i campi petroliferi sono generalmente estesi e produttivi. Se invece le pieghe sono molto accentuate, i pozzi talvolta sono molto produttivi, ma la zona produttiva è limitata in larghezza. Se le pieghe sono rotte e dislocate, le probabilità di ritrovare depositi ricchi d'olio diminuiscono. Un esempio molto istruttivo è offerto dalle coltivazioni di Campina.

La Rumania, come è noto, costituisce oggi un'importante provincia europea per il petrolio che produce.

Nella regione di Campina (fig. 28) il terreno petrolifero, che appartiene al sarmatico, presenta una anticlinale verso sud ricoperta dal pontico. Mentre il fianco nord dell'anticlinale inclina fortemente lungo una linea di frattura contro il miocene salifero, il fianco sud pende invece in modo dolce e regolare. Il petrolio proviene dal vasto fianco sud. Si è verificato che lungo la falda

sud i pozzi vanno facendosi man mano più profondi e meno produttivi, mentre verso nord dell'asse dell'anticlinale il campo utile petrolifero è più profondo ed assai più ristretto. Nella fig. 29 della Steana Romana riportata a pag. 127, che rappresenta una veduta dei pozzi petroliferi presa dal punto * segnato nella topografia (fig. 28), è visibile l'influenza dell'anticlinale verso nord, ove di rimpetto alla faglia longitudinale cessa il campo petrolifero. I pozzi si vedono limitati dalla retta di direzione $\alpha\ \beta\ \gamma\ \delta$ come è schematicamente segnato nella veduta.

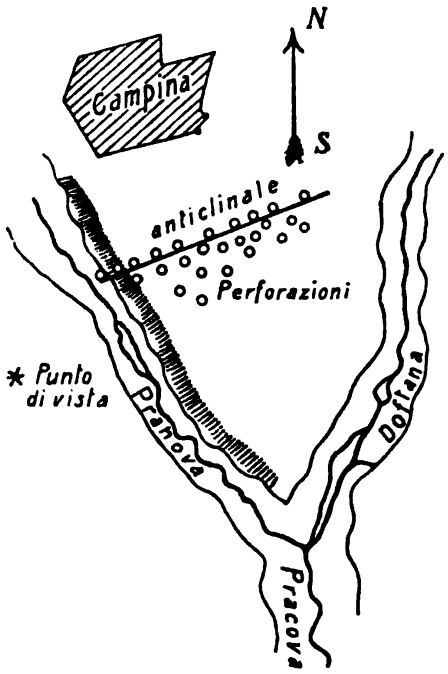


Fig. 28.

Nella regione caspiana le anticlinali sono sovente d'inclinazione simmetrica ed accentuata. Negli Alleghany le anticlinali petrolifere mostrano invece leggere curvature; esse quindi sono produttive per notevoli estensioni.

141. Può, aver influito sulla ricchezza degli strati, quando la sostanza utile trae da origini profonde, la vicinanza di roccie eruttive: Gli strati auriferi del Transwaal, in cui l'oro, come è noto, si trova nel cemento del conglomerato e pel quale si tende piuttosto ad ammettere una origine profonda, benchè la questione sia ancor discussa, presentano talvolta degli arricchimenti nelle vicinanze di filoni di roccie eruttive.

142. Infine i giacimenti detritici d'oro o di cassiterite presentano gli arricchimenti sul fondo, o letto, delle alluvioni, a contatto della roccia massiccia, o nelle tasche, o negli incavi che essa presenta, e parimenti, quando si tratta di alluvioni a limiti ben determinati, come sarebbero quelle dei nostri fiumi attuali, si ha maggior probabilità di trovar l'oro ove le acque, che convogliarono le sabbie, sminuirono di velocità, come ad es. dove il fiume da un corso ristretto si espande, o dove si incurva, ed allora i tratti convessi delle sponde sabbiose presentano maggior ricchezza d'oro che non gli opposti tratti concavi. In questi ultimi casi, evidentemente, la posizione delle zone ricche è intimamente connessa al

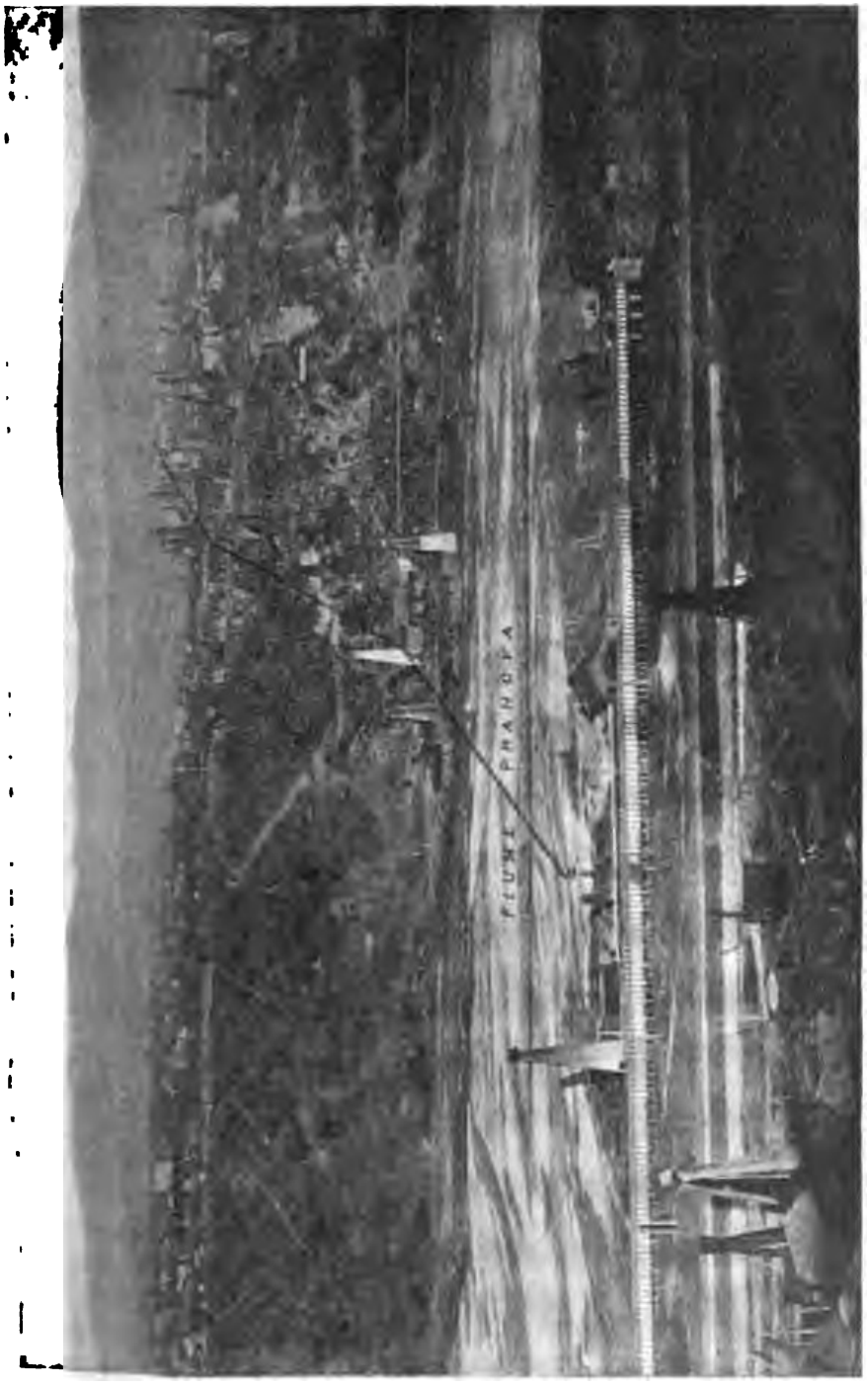


Fig. 29. — Veduta presa dal punto di vista della fig. 28 dei pozzi della Steana Romana (Rumenia).

processo meccanico che determinò la mineralizzazione del sedimento.

143. *Filoni.* — Il problema di trovare la continuazione dei filoni in direzione, è del più alto interesse pel minatore. Il filone continuerà se la spaccatura iniziale ha continuato oltre i limiti che sono noti. Il valutare questa probabilità equivale a risolvere il problema; ma si può ritenere, con probabilità di essere nel vero, che se la fenditura si presenta nella parte nota con notevole ampiezza, essa verosimilmente sarà relativamente estesa. Talvolta però succede che la fenditura ha nella sua sezione orizzontale quasi forma lenticolare e cioè si chiude, dopo un percorso longitudinale relativamente breve, a cuneo alle due estremità. In questi casi può darsi che il filone si riapra nella stessa direzione dopo un tratto più o meno breve, oppure che si presenti spostato dalla primitiva direzione con direzione parallela. In alcuni casi la genesi dei filoni è strettamente collegata alla presenza di roccie eruttive ed allora i fasci filoniani delle zone prossime ai contatti, seguono soventi grossolamente le curvature dei massicci eruttivi. Un bell'esempio è dato dal fascio filonianio di Montevecchio prossimo al massiccio granitico d'Arbus.

Quando il filone presenta degli affioramenti, la ricerca della sua continuazione è relativamente semplice, perchè basterà rintracciare qualche punta dell'affioramento per stabilire l'allineamento o direzione del filone.

Se la ricerca si compie sopra carte topografiche, è evidente la necessità di tener conto delle curve orizzontali, poichè uno stesso piano inclinato interseca la superficie del suolo in diverse linee di livello, e la proiezione orizzontale di una tale linea d'intersezione non può essere quindi una retta, sicchè gli affioramenti di un filone rettilineo sopra la carta topografica di una regione accidentata non si troveranno allineati lungo una retta. Se gli affioramenti in direzione non sono visibili, sarà utile scavare magari qualche trincea, normalmente alla direzione del filone, per rintracciarli, ed in ogni caso si dovrà osservare nella parte nota del filone se esso, chiudendosi a cuneo, lascia una sutura argillosa, nel qual caso potrà convenire di seguirla sotterraneamente, nella speranza ch'essa si riapra più lontano, accogliendo nuovamente il filone.

Le osservazioni geologiche superficiali saranno in queste ricerche utilissime per rendersi conto dei cambiamenti delle roccie che s'incontrano lungo il filone, i quali cambiamenti possono aver influito sulla continuità della frattura e sul suo comportamento

durante la mineralizzazione. Così è nota regola genetica che in uno stesso filone che attraversa formazioni diverse, la maggiore produttività s'incontra ove il filone è incassato in roccie di media durezza, perchè colà la spaccatura filoniana ebbe generalmente maggior ampiezza che non nelle roccie dure, e si mantenne beante durante la mineralizzazione; le ampie spaccature invece, che eventualmente poterono aprirsi nelle formazioni tenere, facilmente furono riempite da materiale franato dalle sponde.

Preziose indicazioni sull'andamento dei filoni sono fornite dai filoni litoidi che soventi corrono parallelamente a lato di quelli mineralizzati, poichè il parallelismo lascia supporre una origine dinamica comune.

Questi filoni *satelliti* si presentano soventi, per la natura stessa del riempimento, molto più visibili dei filoni mineralizzati che accompagnano nel percorso.

La direzione dei sollevamenti contemporanei ai filoni, può anche, fino a un certo punto sebbene sempre vagamente, lasciar indurre, per l'eventuale parallelismo, della continuazione dei filoni, ecc.

Soventi i filoni, anzichè chiudersi a cuneo o ramificarsi per disperdersi, sono bruscamente tagliati da faglie o da altri filoni incrociatori. Si dovranno applicare in questi casi le regole già esposte (v. n. 39) per rintracciarne la continuazione.

Mercè costruzioni grafiche fu appunto ritrovato in due livelli il filone Silberfund Stehend, che era stato tagliato dal Neugluck Spat, a Freiberg.

La regola nel caso dei filoni è quella dell'angolo ottuso, e cioè, supposto un piano orizzontale e su di esso proiettate le traccie OA, OB del filone e del rigetto, e proiettata l'intersezione loro OF, la porzione rigettata si troverà seguendo parallelamente il rigetto, al di là del rigetto stesso, nell'angolo ottuso formato dalle traccia OB col prolungamento OI dell'intersezione OF (fig. 5). Già al n. 41 abbiamo detto come si determini la posizione dell'intersezione, per mezzo delle contangenti sul piano del disegno. Si può anche ricorrere alla costruzione grafica, portando a partire da O due segmenti eguali sulla OA e OB: da O si conducono rispettivamente due angoli eguali ai complementi di γ e γ', mentre dagli estremi dei segmenti, si tracciano le perpendicolari a OA e OB. Si individuano così i punti dai quali si tracciano le parallele a OA, OB, che determinano coll'intersezione il secondo punto della proiezione dell'intersezione del filone colla faglia.

Infine, talvolta i filoni incontrarono altri filoni preesistenti, che

ne spostarono il prolungamento, pur mantenendo i due tratti del filone, così diviso, un evidente parallelismo. In tali casi sovente lungo il tratto del filone preesistente, che si trova compreso fra i due tronchi del filone segato, si osserva qualche continuazione della mineralizzazione.

144. *Delle zone ricche dei filoni.* — Mentre la conoscenza della disposizione delle sostanze utili nei filoni interessa al più alto grado il minatore, la natura ha sparso i minerali metalliferi nei filoni con leggi così difficili a conoscersi, che lo stabilire la posizione delle zone ricche, è nella maggior parte dei casi problema insolubile. Tuttavia le accurate osservazioni che, spinti dal grande interesse che la questione presentava, furono moltiplicate dai minatori delle miniere, permisero di raccogliere una messe di fatti e di coordinarli razionalmente fra loro in modo da far scaturire, con una certa evidenza, le cause che probabilmente provocarono gli arricchimenti di minerale nei filoni. Per indagare quindi l'eventuale esistenza delle zone ricche nei filoni, occorre anzitutto attentamente osservare se nel campo che si considera si verificano quelle condizioni speciali che sono note come cause d'arricchimento. Le coltivazioni eseguite, se ebbero la ventura di estendersi in lenti o zone ricche, già affermarono l'esistenze degli arricchimenti, e se furono sufficientemente sviluppate, possono dare un primo indizio del modo col quale, verosimilmente, si presentano gli arricchimenti, e constatare se nel caso particolare, che si segue coi lavori, si verifica qualcuna delle condizioni cui più avanti accenneremo. Dalla conoscenza del giacimento così acquistata, si dovrà trarre norma per l'ulteriore ricerca delle sue zone produttive.

Il minerale nel filone si trova sparso in mille modi diversi: o come vene più o meno ramificate, più o meno potenti, o più o meno regolari; oppure sparso come stellette nella ganga, o concentrato in noccioli, ticchi o boccie, o disseminato finamente in tutto il riempimento filoniano, o concentrato irregolarmente in alcuni punti di esso.

Nei filoni potenti il minerale può formare dei filoncelli discontinui ed irregolari nella massa stessa del filone: oppure delle colonne più o meno ramificate, o più o meno inclinate nel piano del filone, o delle masse o concentrazioni informi od allungate in forma di lenti, disposte nella massa filoniana.

Per la chiarezza della trattazione faremo talune considerazioni preliminari che ci condurranno ad alcune utili distinzioni.

Qualunque sia stata la genesi del filone, è naturale ammettere

che la sua ricchezza non può essere uniforme in ogni suo punto. Tale uniformità avrà luogo solo eccezionalmente, e precisamente quando si saranno verificate le condizioni seguenti:

a) Una rottura iniziale di uniforme larghezza, che si mantenne tale in ogni punto, ed aperta in roccia omogenea.

b) Una circolazione di soluzioni mineralizzanti assolutamente regolare e costante in ogni punto della spaccatura.

c) Nessuna reazione locale e nessuna variazione nel potere solvente delle soluzioni che depositavano il minerale lungo il loro percorso.

d) Nessuna variazione secondaria intervenuta nella mineralizzazione, e cioè, nessun *ritorno in movimento* del minerale depositato, dovuto ad azioni secondarie.

145. Quanto sia improbabile che in un fenomeno complesso quale la mineralizzazione dei filoni, tutte le condizioni suesposte si siano rigorosamente verificate, apparisce evidente, per cui le mineralizzazioni irregolarmente distribuite nel filone costituiscono il caso più frequente. Ma nella realtà delle cose poi è evidente che l'irregolarità appare solo a noi, in quanto le cause che influirono sul deposito del minerale ci sfuggono, o nei loro effetti si sovrapposero, rendendo così il compito di cercare gli arricchimenti di minerale nel piano del filone od i relativi impoverimenti, oltremodo intricato e soventi impossibile a risolversi.

Quanto però abbiamo detto in precedenza, ci permette di raggruppare con qualche ordine le più importanti considerazioni sull'argomento: Noi quindi distingueremo le cause *primitive* che influirono sulla distribuzione del minerale nel filone, dalle cause *secondarie* che alterarono la distribuzione originaria; e fra le cause primitive distingueremo ancora quelle che riguardano la spaccatura filoniana da quelle altre che interessarono il deposito del materiale filoniano.

Innanzi tutto è evidente che supponendo siano avvenute con uniformità le circolazioni mineralizzatrici, si sarà ammassato maggior quantità di minerale ove le fenditure che dovevano accoglierlo si aprirono larghe e si mantennero beanti durante la mineralizzazione. Noi abbiamo già visto che generalmente i filoni ricchi si trovano nelle roccie di media durezza (v. n. 143). Quindi potremo ripetere che se un filone attraversa un complesso di formazioni diverse, la parte più ricca probabilmente sarà quella incassata nelle roccie di media durezza del complesso.

146. Se la frattura filoniana tagliò, come generalmente accadde,

un complesso stratificato, essa non si sarà estesa rigorosamente in un piano, ma avrà presentato un andamento più o meno irregolare, in dipendenza della successione di strati che avrà incontrato. Le due sponde della frattura però grossolanamente corrisponderanno fra loro come un rilievo positivo corrisponde al suo negativo. Se vi fu scorrimento di una delle sponde del filone per rispetto all'altra, è evidente che per tale movimento la frattura non avrà conservato costante potenza, ma presenterà una serie di allargamenti e di restringimenti. Negli allargamenti si sarà quindi deposto maggior volume di minerale a costituire quindi delle zone ricche: Nella fig. 29 sono schematicamente rappresentate due serie di strati A,A e B,B di diversa durezza, per cui la frattura procedette a *zig-zag*. Lo scorrimento di una sponda secondo le freccie, evidentemente produsse nei tratti più verticali degli allargamenti della fenditura come è visibile nella figura. Talvolta per fenomeni di questa natura la massa filoniana presenta una serie di allargamenti alternata con una serie di restringimenti: si ha allora un *filone a rosario* ed un buon esempio ci è dato dal filone della Fenice Massettana.

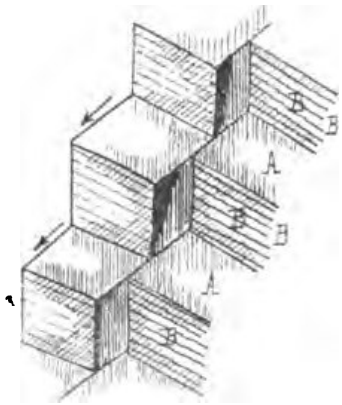


Fig. 29.

Riesce molto semplice capire, dopo ciò che si è detto, come le parti raddrizzate dei filoni sono molte volte le più ricche; basta infatti osservare la figura per convincersene. Tuttavia anche per altre cause soventi le parti dei filoni che tendono alla verticale sono le più ricche.

Talvolta il minerale non è depositato solamente nella frattura, ma ha interessato le sponde, penetrando fra i giunti degli strati, oppure sostituendosi alla roccia. Così al Laurion i fili di minerale si allargarono nel calcare per sostituzione molecolare.

Se i giunti degli strati attraversati dal filone, per fenomeni dinamici che precedettero la mineralizzazione, erano stati distaccati, i vuoti originarono zone d'arricchimento. Questo fenomeno si verificò in alcuni complessi di strati che furono ondulati, ed interessati poscia da fratture filoniane: Nella fig. 13 che rappresenta i ben noti filoni sella auriferi di Bedingo, le parti tratteggiate sono gli arricchimenti, dovuti allo stacco degli anticlinali. Fenomeni analoghi si osservarono in altri filoni.

Influirono, infine, sulla disposizione delle masse mineralizzate nei filoni, le frane che interessarono la fenditura filoniana durante la mineralizzazione, ostruendone una parte e rendendo in conseguenza, colà povero o sterile il filone. Talvolta del materiale cadde dalle sponde lungo la fenditura in via di riempimento, o vi fu trasportato da acque superficiali o da altre cause, ed allora nacquero due mineralizzazioni separate, una al tetto e l'altra al letto, mentre la parte centrale del filone risultò sterile. Il filone dell'Argentiera (Sardegna) presentò per lungo tratto un fenomeno di questa natura.

147. Riguardo alla circolazione delle soluzioni mineralizzate nella frattura filoniana, ed al conseguente deposito del minerale, noi dobbiamo distinguere il deposito del minerale considerato di per sè, dalle cause locali che favorendo tale deposito, originarono le zone ricche nel piano del filone.

Le nostre cognizioni sulla genesi dei filoni sono così incerte, che quanto riguarda il deposito del materiale filoniano sfugge quasi ad ogni nostra analisi. Nei filoni a ganghe multiple, ad es. si osserva un apparire e scomparire di ganghe, un sostituirsi di elementi ad altri elementi soventi senz'ordine apparente, nè regola che permetta alcuna conclusione. Nei filoni listati, invece, si può determinare con sicurezza l'ordine delle venute mineralizzate, dalle più antiche alle più recenti, esaminando la successione dei depositi quale si presenta dalle sponde verso l'asse del filone. In questi casi, se le venute metallifere furono le più recenti, si ritroverà il minerale solo nelle parti potenti del filone, perchè altrove la spaccatura filoniana era già stata riempita dalle venute litoidi. Ma i filoni interamente listati sono eccezionali. Tuttavia accade soventi di osservare nei filoni dei tratti listati, oppure con struttura brecciforme zonata: in questi casi si può indurre l'ordine delle venute di minerale, e stabilire con quali ganghe esso si trova a contatto: Ove quindi, nel filone che si esplora, si ritrovano tali ganghe, v'ha probabilità di ritrovare con esse il minerale: Così ad esempio se si fosse constatata la successione seguente: quarzo, baritina, argento, calcite e quarzo, l'apparire nel filone di baritina o di calcite può essere un buon indizio.

È poi naturale ammettere che la forma della geode filoniana avrà avuto grandissima influenza sulla circolazione delle soluzioni mineralizzatrici, le quali avranno sempre seguito le vie di minor resistenza. Ma anche qui il fenomeno riveste soventi carattere enigmatico. Spesso accade, ad es., che ove due filoni si incrociano, siano essi con le stesse o con diverse ganghe, si ha arricchimento

notevole nella mineralizzazione, la quale diviene soventi ben maggiore della somma delle mineralizzazioni che presentano i due filoni. La ricerca degli incroci dei filoni è di una utilità incontrastata nelle miniere. Analoghi arricchimenti, in modo però assai meno generale, si osservarono anche nelle riunioni di vene filoniane.

148. Da un punto di vista generale si può considerare se la mineralizzazione dei filoni diminuisce colla profondità: Per qualche metallo e specialmente per l'argento, il fatto è assolutamente vero in molti distretti minerari: in generale però si può dire che la vecchia credenza che i filoni si insteriliscono in profondità, non ha base, almeno per le profondità che possono interessare i minatori, giacchè numerosi esempi, contrariamente alle convinzioni dell'epoca di Werner, dimostrarono che la mineralizzazione dei filoni continua a profondità assai rilevanti.

È invece un fatto ben acquisito che molte volte cambia la composizione mineralogica del filone colla profondità: Così le galene soventi divengono meno argentifere, o s'accompagnano di pirite, o sono sostituite da blende; alla cassiterite spesso si sostituisce della calcopirite e viceversa. Però nulla autorizza ad escludere che le zone mineralizzate superiori non si riproducano ad un livello inferiore.

Talvolta anche si verificano variazioni di mineralizzazione secondo la direzione dei filoni. Un esempio evidente è dato dalle tre concessioni contigue di Montevecchio, nelle quali da Est ad Ovest il tenore in argento delle galene da oltre 1 chilo per tonn. scema gradatamente a 320 grammi.

Le roccie incassanti i filoni ebbero una influenza notevole sul deposito di minerale: in molte regioni gli antichi minatori distinguevano, infatti, le roccie favorevoli da quelle sfavorevoli alla mineralizzazione. Questa distinzione può talvolta trovar fondamento in quanto si disse in precedenza, ma per essa il più sovente stanno altre considerazioni: Le soluzioni mineralizzanti agirono sulle roccie incassanti il filone, e queste, a lor volta, reagirono sulle soluzioni, promuovendo le precipitazioni: oltre le azioni chimiche poterono influire poi sull'abbondanza più o meno del deposito di minerale, la porosità o la rugosità propria della roccia, il generarsi di correnti elettriche, del resto ben conosciute nei filoni, che determinarono fenomeni elettrolitici, ecc.

Esempio classico è quello delle fahlbandes (*zone favorevoli*) di Kongsberg nella Norvegia meridionale, che sono costituite da liste degli schisti della regione, che si presentano mineralizzate di pi-

rite: Ove i filoni della regione tagliano tali liste piritose, si ebbero ricche concentrazioni di minerali argentiferi. Azioni analoghe presentano in altre contrade degli schisti bituminosi che interessarono alcuni filoni.

Il filone di Boccheggiano è compreso a Nord fra il permiano a letto e l'eocene a tetto; verso sud corre completamente nel retico, e l'influenza delle sponde sulla natura della mineralizzazione, è in questo filone evidentissima. A Nord, il filone è a ganga quarzosa con pirite e calcopirite, a Sud è affatto brecciato, in una ganga quarzosa ricca di solfuri misti.

149. *Azioni secondarie.* — Le azioni secondarie, che possono aver modificato la distribuzione del minerale nel filone, sono di due specie: meccaniche e chimiche.

Azioni meccaniche sono i rigetti, che si manifestarono nei filoni potenti, soventi secondo la direzione del filone o obliquamente alla stessa. Sono delle *failles*, note da noi comunemente col nome di *coppe*, argillose, che tagliano obliquamente, dopo averle accompagnate per certo tratto, le vene metallifere, facendole finire a cuneo. Quando queste accidentalità si presentano, si dovranno risolvere come le ordinarie faglie.

Le azioni chimiche sono dovute agli agenti esterni convogliati dalle acque superficiali: esse sono sensibili nella zona dei filoni che sta sopra il livello delle acque permanenti, ossia sopra il livello idrostatico. Tale livello può essere l'attuale o quello dei passati tempi geologici. Nella zona superiore a detto livello i minerali metalliferi subirono soventi trasformazioni profonde, per l'acqua superficiale che, scendendo nelle profondità, convogliò dell'ossigeno, dell'acido carbonico, degli acidi organici, del cloruro e fosfato d'ammonio, dei bromuri, ioduri, ecc. Si ha quindi sopra il livello idrostatico una trasformazione degli elementi solforati in ossidi, carbonati, fosfati, cloruri, bromuri, ioduri, ecc. Molte di queste combinazioni, essendo solubili, furono rimesse in movimento dalle acque freatiche che circolano nel giacimento.

Supponendo quindi un filone che affiora, noi potremo considerare che sia avvenuta una parziale ossidazione degli elementi metalliferi all'affioramento, i quali, se allo stato di solfuri, si saranno cambiati ad es. in solfati; questi, se le località sono secche, possono essersi conservati (come a Copaquire, nella parte settentrionale del Chilì, ove si coltivano dei graniti impregnati di solfato di rame) oppure saranno stati disciolti dalle acque per rientrare così in circolazione nella zona delle acque freatiche. I solfati pos-

sono aver reagito sui carbonati (ad es. su calcari) con formazione di carbonati metallici (calamina, azzurrite, cerussite ecc.).

Il risultato di queste ossidazioni superficiali degli affioramenti filoniani, è di renderli, nella maggior parte dei casi, poveri o sterili di minerali metallici, eccezion fatta per l'ossido idrato di ferro, che nato per sovraossidazione del solfato, rimase insolubile.

Soventi però negli affioramenti s'osservano metalli allo stato nativo, come rame, argento, oro, nati per doppia reazione, come ad esempio:

$$3\,Cu_2O + 2\,FeSO_4 = 4\,Cu + Fe_2O_3 + 2\,CuSO_4$$

Cuprite + Solfato di ferro = Rame + Sesquiossido di ferro + Vetriolo di rame

$$Ag_2SO_4 + 2\,FeSO_4 = Ag_2 + Fe_2(SO_4)_3$$

oppure anche s'osservano combinazioni clorurate, specialmente d'argento, per le piccole quantità di cloruri che si trovano nelle acque, o fosfati (piromorfite ecc.), per azione dell'acido carbonico dell'acqua sull'apatite delle roccie incassanti; o silice idrata o silicati, come calcedonia, crisocolle, ecc.

Questa zona superiore, che fu sede di numerose reazioni, contiene quindi qualche volta coi residui solforati, dei metalli allo stato nativo, dei minerali ossidati, clorurati, dei fosfati, ecc.; essa è particolarmente importante nei paesi ove le acque meteoriche non sono abbondanti. Talvolta contiene metalli preziosi, oro e argento, quasi concentrati per la dissoluzione degli altri elementi che li accompagnavano: per cui la ricchezza in oro ed in argento che alcuni giacimenti offrono alla superficie, va rapidamente diminuendo in profondità, come si verificò per molti filoni auriferi dell'Australia e dell'America del Sud.

Sotto questa zona d'ossidazione ne esiste soventi una seconda di riduzione, ove cioè i metalli trascinati dalle soluzioni riprecipitarono. Il fenomeno della *rimessa in movimento* degli elementi metalliferi per le azioni secondarie, è molto più importante di quanto si crede generalmente. Nelle gallerie abbandonate da 20 anni nella miniera di Montevecchio si raccolgono delle belle stalattiti e delle croste di calamina, che provengono dalle acque ricche di solfato di zinco che circolano nel filone, solfato nato per ossidazione delle blende e precipitato come carbonato per l'acido carbonico delle gallerie: delle coltivazioni abbandonate solo da qualche anno sono tappezzate di allume, ecc.

Le soluzioni ricche di solfati o di carbonati, giungendo in

profondità a contatto con solfuri, possono rigenerare i solfuri. Così ad esempio:

$$Pb\,SO^4 + Fe\,S = Pb\,S + Fe\,SO^4$$

per le calorie: 216.2 23.8 17.8 235.6 = + 13.4

$$Zn\,C\,O^3 + Fe\,S^2 + 2\,O = Zn\,S + Fe\,C\,O^3 + SO^2$$

reazione che può spiegare l'associazione del carbonato di ferro alle blende.

Alla zona ricca di solfuri, cui già abbiamo accennato parlando dei depositi di calcopiriti, fanno in generale seguito nei giacimenti, sotto il livello delle acque freatiche e cioè nella zona sotto il livello idrostatico, i solfuri come si depositarono primitivamente nel giacimento.

I fenomeni di questa natura ebbero naturalmente come conseguenza di impoverire o di arricchire certe zone dei giacimenti. Essi inoltre colle dissoluzioni e precipitazioni successive (si potrebbero dire frazionate) separarono sovente gli elementi metalliferi fra loro, trasformando nelle parti superiori del giacimento dei minerali misti, difficili a trattare, in minerali di facile trattamento metallurgico. Un esempio in piccola scala ci è offerto da alcuni filoni baritici di Lecco, nei quali superficialmente si presentano in isolate concentrazioni calcopiriti ed altri solfuri con della bellissima baritina candida, mentre a maggior profondità la baritina incontrasi grigiastra ed inquinata di solfuri metallici. In assai maggior scala lo stesso fenomeno si è verificato a Broken Hill, ove ai minerali ossidati facili a ridursi e superficiali, fecero seguito in profondità minerali complessi, solfurati, di difficile trattamento.

Lavori di ricerca.

150. Supponiamo d'aver scoperto pe' suoi affioramenti un giacimento di sostanza utile che vogliamo sfruttare. Il primo studio da fare sarà di valutare l'importanza della scoperta: se si tratta di sostanze litoidi, di piccolo valore unitario, dovendo esse trovarsi in masse considerevoli per renderne proficua la coltivazione, occorrerà, in generale, uno studio geologico della regione, sia per stabilire se il giacimento potrà raggiungere quell'ampiezza minima necessaria per lo sfruttamento industriale, sia per valutare le condizioni del giacimento e quelle in cui verrà a trovarsi la cava o

miniera, una volta che, a lavoro cominciato, sarà progredita per una certa estensione.

Così se si tratta di uno o più strati che affiorano su un versante, bisognerà pensare che mentre all'inizio la coltivazione, intrapresa allo scoperto, potrà essere molto vantaggiosa, dopo un tratto relativamente breve, l'importanza dello sbancamento superiore dei terreni di ricoprimento potrà divenire rilevante ed obbligare a coltivazioni sotterranee più onerose.

Si dovranno poi tenere presenti le considerazioni relative ai trasporti del materiale scavato ai posti di consumo, al convogliamento delle acque e degli sterili della cava o miniera ecc. Lo studio geologico del giacimento, accoppiato al progetto economico della coltivazione, basterà in generale per stabilire se la scoperta industrialmente potrà concludere ad un eventuale beneficio.

Non così semplice si presenta il problema quando si tratta di giudicare l'importanza industriale che può avere un giacimento di materiale di un certo valore, noto solo superficialmente per quegli indizi che condussero alla sua scoperta. Quando, ad esempio, le nostre indagini ci portarono a rinvenire un affioramento di filone che presenta traccie di minerale, o il lembo di uno strato di combustibile, o una sorgiva di petrolio, ecc., in generale noi abbiamo acquistato solo la prova dell'esistenza di un giacimento, indipendentemente però dalla sua *importanza industriale*, e tutta la ricchezza scoperta può benissimo limitarsi a quel po' di minerale visibile nell'affioramento, al breve lembo di combustibile che affiora od alla sorgiva scoperta, ecc.

151. Constatata quindi l'esistenza del giacimento, quale lo si conosce, è necessario ricercare se esso potrà dar vita ad una lucrosa coltivazione, e cioè se esso potrà dar luogo ad un affare industriale: solo allora il giacimento scoperto potrà avere reale valore minerario. Occorrerà quindi compiere dei *lavori di ricerca* per mettere in luce la ricchezza eventualmente esistente, per mettere cioè, come si dice, *in vista* od *in valore* il giacimento.

Questi lavori non hanno, in generale, lo scopo immediato di sfruttare il giacimento, ma solo di esplorarlo, e principalmente, di *cubarlo*. Anzi, quando si tratta di sostanze di un certo valore, per cui la legge le classifica fra i minerali, la legislazione stessa di molti paesi saviamente si oppone ad ogni inopinato sfruttamento del giacimento, che, per desiderio di facile ed immediato lucro, potrebbe compromettere dall' inizio le sorti future della miniera, la quale invece, sviluppata razionalmente in ampia scala, potrà apportare durevole beneficio al paese.

I lavori di ricerca sono di natura diversa da caso a caso: essi sul principio devono essenzialmente confermare se le induzioni, conseguenze dello studio superficiale del giacimento, trovano reale conferma in natura, e se quindi possono prendersi come guida per un ulteriore maggior sviluppo di lavori, sempre però inteso al riconoscimento del giacimento ed all'accertamento della ricchezza che contiene.

È questo il compito dei *ricercatori* o *prospectors*, ai quali interessa naturalmente di mettere in evidenza la scoperta fatta: essi operano generalmente con mezzi pecuniari limitati, e quindi procedono cautamente con modesti lavori, suggeriti dalle considerazioni sulla natura geologica della regione e delle formazioni che la costituiscono, corroborate a loro volta da quelle che derivano dalla conoscenza dei giacimenti analoghi che eventualmente sono già coltivati nella regione che si considera.

152. I primi lavori del ricercatore s'appoggiano però sui fatti più visibili che presenta il giacimento, come concentrazioni di minerali, ecc., e sono timidamente sviluppati perchè non possa riuscire finanziariamente compromessa l'impresa se i primi tentativi non sortono fecondi. Il piano dei lavori viene poi man mano modificato, perfezionato, sviluppato, a seconda dei risultati ottenuti e delle cognizioni man mano acquistate: insomma si procede con circospezione dal noto verso l'ignoto, traendo partito da ogni fatto e da ogni osservazione che possa far luce sulla natura, estensione e ricchezza del giacimento.

Così se il giacimento mostra dei *lavori antichi*, converrà anzitutto esplorarli, per quanto possibile senza soverchia spesa; se offre degli *interrotti affioramenti*, converrà aprire opportune trincee per riconoscerli ove si nascondono sotto i terreni; se il giacimento presentasi con un cappello a monte di una valle, sarà utile penetrare sotto di esso con una galleria a valle: se trattasi invece di uno strato che affiora e che è già riconosciuto in più punti, sarà il caso di penetrare in esso e seguirlo con una galleria, o sondarlo attraverso il terreno che lo ricopre con trivellazioni: se trattasi di una sorgiva petrolifera o di idrocarburi, si potrà praticare in vicinanza una perforazione, ecc.

I lavori di ricerca da praticarsi nei singoli casi dipendono dalla natura e dall'ubicazione del giacimento che si considera e da circostanze così numerose e svariate che non è possibile suggerire norme in proposito.

Considereremo quindi alcuni casi dei più frequenti, distinguendo le ricerche da praticarsi negli strati, negli ammassi e nei filoni.

153. **Strati.** — I lavori di ricerca negli strati di minerale non possono che appoggiarsi sullo studio geologico della regione. La stratigrafia locale permetterà di stabilire *a priori* l'andamento sotterraneo dello strato: il lavoro di ricerca avrà solamente per scopo di constatarne la reale esistenza, la ricchezza o la potenza.

Prima di iniziare ogni lavoro si sarà riconosciuto l'affioramento dello strato, per quanto la topografia locale lo permette, e si saranno segnati i risultati delle osservazioni sopra una carta topografica a curve orizzontali. Ciò permetterà di fissare le idee sopra l'andamento dello strato; e così se gli affioramenti risultano paralleli alle linee di livello, lo strato si svilupperà in senso orizzontale, presentando negli affioramenti delle curve arcuate, convesse o concave, secondochè lo strato taglierà delle gole, o delle coste (dossi) del terreno. Se lo strato è raddrizzato alla verticale, i suoi affioramenti si troveranno disposti sul piano in linea retta secondo la direzione dello strato: se invece lo strato è pendente, la linea degli affioramenti risulterà complicata quando la regione è accidentata, ma ricostruendo colla scorta delle curve orizzontali la superficie del terreno tratto per tratto, dall'andamento degli affioramenti si potrà desumere l'inclinazione ed il senso della pendenza dello strato che interessa.

Numerosi problemi stratigrafici si presentano, evidentemente, in questi casi.

Uno, ad esempio, dei più comuni è di determinare l'inclinazione e la direzione di uno strato che affiora in tre punti : Il piano che passerà pei tre punti, sarà il piano dello strato: supponiamo di condurre pel punto inferiore un piano orizzontale e di abbassare dagli altri due punti delle normali a questo piano; esse, evidentemente, misureranno le differenze d'altitudini di detti due punti per rispetto all'inferiore. Tali differenze di altitudini ci sono note, perchè misurabili sul terreno o rilevabili dalle curve orizzontali della carta. Facendo centro in detti punti segnati sulla carta, con raggio eguale alle rispettive differenze d'altitudine, si conducano due cerchi, le tangenti esterne comuni saranno, nel loro punto d'intersezione, un punto dell'intersezione del piano dello strato col piano orizzontale passante pel punto inferiore. Unendo questi due ultimi punti menzionati fra loro, la linea ci segnerà la direzione dello strato, ossia l'orientazione rispetto ai punti cardinali dell'intersezione del piano dello strato col piano orizzontale; l'inclinazione sarà nota tracciando da uno o dall'altro dei due punti con quota di livello elevata, una normale alla retta che dà la dire-

zione dello strato, e dall'incontro una tangente al cerchio rispettivo: l'angolo fatto dalla normale e dalla tangente, misurerà l'inclinazione dello strato.

154. L'esame stratigrafico della località permetterà in ogni caso di indurre le dislocazioni (ripiegamenti e rigetti) che lo strato ha subìto col complesso che lo comprende.

Quando il giacimento stratificato presenta un affioramento ben visibile su una costa scoscesa, che dà una buona sezione naturale del terreno, sarà assai utile per la conoscenza del giacimento e per l'ulteriore sua coltivazione, rilevarne l'esatto profilo, facendo particolare attenzione agli strati d'aspetto caratteristico che accompagnano quello che interessa di conoscere, alle rispettive dimensioni, oltrechè ai fossili caratteristici che possono racchiudere.

Allorchè il giacimento stratificato presenta una ampia proiezione orizzontale, od almeno si può ritenere dalla stratigrafia locale che la presenti, i lavori di ricerca più opportuni, quando i terreni di ricoprimento hanno qualche potenza, sono gli scandagli verticali chiamati comunemente *sondaggi*. Con una serie di sondaggi praticati in punti opportunamente scelti alla superficie, esaminando i vari terreni attraversati dagli scandagli, riuscirà facile formare l'esatta rappresentazione della stratigrafia sotterranea della regione e conoscere l'andamento degli strati che l'interessano.

Se lo strato è fortemente raddrizzato e lo si vuole esplorare, si potrà intestare una galleria secondo la direzione dello strato: se invece si tratta di una serie di strati paralleli, pure fortemente raddrizzati, si potrà riconoscerli con una galleria orizzontale, condotta normalmente alla direzione del complesso di strati, in modo di attraversarli tutti successivamente. Una tale galleria dicesi a *traverso banco*. Tagliati così gli strati, si potranno seguire con gallerie condotte secondo la direzione degli strati e che riusciranno quindi presso a poco perpendicolari al traverso banco.

Se gli strati si vogliono esplorare a livelli inferiori, basterà condurre sotto il primo altri traverso banchi. Questi prenderanno allora il nome *di ribassi*.

Ciò ben inteso quando gli strati si elevano sopra il fondo di una valle; che se ciò non accadesse, o se il terreno fosse pianeggiante, sarà allora mestieri di aprire nelle vicinanze un pozzo, dal quale si partiranno ai diversi livelli i traverso-banchi destinati a tagliare gli strati.

155. **Ammassi.** — I lavori di ricerca da praticarsi per gli ammassi possono condursi nel minerale o al contatto del minerale colla

roccia. I primi sono consigliabili quando si tratta di grandi masse di minerale che è necessario di cubare grossolanamente. La massa di minerale viene allora attraversata con gallerie orizzontali o con pozzi, in modo da misurarne le dimensioni nelle principali direzioni. Se gli ammassi sono lenticolari, od a forma di colonna, tali lavori sono consigliabili. Se invece l'ammasso ha forma irregolare, conviene, partendo da diversi livelli, arrivare con gallerie praticate attraverso la roccia sterile al minerale, e poscia condurre delle gallerie orizzontali seguendo il contatto della roccia col minerale. Queste gallerie comprenderanno il massiccio di minerale e si chiuderanno ad anello. Così la massa informe di minerale verrà riconosciuta e rivelata, attraversandola, se occorre, con gallerie trasversalmente. Se l'ammasso di minerale affiora su terreno pianeggiante, evidentemente sarà necessario praticare un pozzo, dal quale poi si dipartiranno delle traverse e le gallerie anulari cui si fece cenno.

Qui può presentarsi il dubbio se convenga praticare il pozzo nell'ammasso di minerale od esternamente ad esso. La scelta dipenderà da varie circostanze, e cioè dalla resistenza più o meno grande che offre il minerale, dal suo valore, dal modo che si vorrà intraprendere la coltivazione dell'ammasso, ecc., e di queste considerazioni ci occuperemo più innanzi. Anche qui, come nei casi precedenti, fornirà utilissima guida lo studio geologico della regione.

156. **Filoni.** — I lavori di ricerca da compiersi nei filoni sono analoghi a quelli necessari per riconoscere gli strati molto raddrizzati.

Se il filone corre normalmente ad una valle, si intesteranno direttamente delle gallerie a diversi livelli nel filone, che verrà così seguito in direzione. Se il filone corre invece parallelamente alla valle, si intesteranno delle gallerie in traverso banco a tagliarlo in più punti e poscia nei vari punti lo si seguirà con gallerie orizzontali. Quando si volesse esplorare il filone più profondamente, occorrerà praticare un pozzo, dal quale si spingeranno delle gallerie in traverso banco fino al filone per raggiungerlo.

I lavori di ricerca in principio sono sviluppati cautamente: le gallerie orizzontali possono distare verticalmente qualche decina di metri fra loro e si collegano tratto tratto con pozzetti, che seguono la direzione dello strato o del filone, per ben riconoscerne la mineralizzazione. I lavori di ricerca sviluppati poi con maggior ampiezza, si confondono coi lavori di tracciamento, dei quali ci occuperemo in seguito e che hanno lo scopo di ***preparare*** la coltivazione del giacimento.

Nei lavori di ricerca, quando la mineralizzazione è irregolare, è necessario, per poter valutare il minerale, di prendere tratto tratto dei campioni che rappresentino il valor medio delle mineralizzazioni. Converrà sempre annotare sul piano dei lavori che sono condotti nel giacimento, i punti ove furono prelevati i campioni di minerale destinati all'analisi ed i risultati che essi diedero.

157. Compiuto il prelevamento dei campioni che devono rappresentare la media ricchezza del giacimento, è necessario procedere alla cubatura del minerale in vista. È appunto allo scopo di rendere possibile tale operazione, che furono sviluppati i lavori di ricerca. La valutazione della quantità di minerale stato riconosciuto in un giacimento, è sempre assai difficile, anche in via approssimativa, poichè dipende dalle supposizioni che sempre si devono fare per coordinare fra loro le misure reali eseguite, ossia per interpolare fra esse quelle ignote ma necessarie per la misura del volume di minerale. Ciò spiega come sovente si abbiano nelle diverse stime del minerale di uno stesso giacimento i risultati più disparati. Il caso più semplice è evidentemente quello di dover cubare uno o più strati regolari: basteranno in questo caso due elementi geometrici, e cioè, la superficie dello strato o del complesso degli strati, e la potenza dello strato o la potenza complessiva degli strati coltivabili che si considerano.

Se lo strato non è regolare, interviene allora come fattore arbitrario la potenza media dello strato. Se lo strato è ripiegato si valuta l'aumento di superficie con un coefficiente approssimato.

La cubatura degli ammassi di minerale si fa con approssimazione tanto maggiore quanto più essi furono riconosciuti colle gallerie al contatto delle roccie incassanti come si disse al n. 155. Evidentemente però sarà necessario riconoscere che all'interno dell'ammasso non si trovino delle masse sterili.

Infine la valutazione dei filoni si compie determinando dapprima la superficie esplorata e riconosciuta produttiva del filone, e dividendola poscia nelle varie zone di mineralizzazione pressochè costante. Per ciascuna si stabilisce la potenza in minerale, ossia la potenza ridotta del filone in puro minerale, o, come anche si dice, lo spessore del minerale condensato. Basterà allora moltiplicare la superficie utile riconosciuta del filone per la potenza ridotta di minerale.

Colle precedenti determinazioni si sarà misurato il volume del minerale in posto: noto il peso specifico del minerale, sarà semplice la valutazione in tonnellate. Trattandosi di minerali metalliferi

l'analisi avrà rivelato il tenore in metallo e quindi ne sarà noto il valore mercantile. Naturalmente nel calcolo pratico si dovrà tener conto delle perdite di minerale inerenti al metodo di coltivazione che si dovrà adottare pel giacimento. Determinato così il valore che rappresenterà il minerale, sulla miniera, si prenderanno in esame le spese di coltivazione e di eventuale arricchimento meccanico, per fare il bilancio economico preventivo dell'impresa mineraria.

158. A complemento di quanto fu detto in questo capitolo si sceglie come esempio di bella relazione per lavori di ricerca la seguente — molto istruttiva ed interessante per più motivi — dovuta all'ing. F. Giordano e riguardante la miniera denominata Argentiera della Nurra (Sardegna) nel 1853.

« La miniera di cui si tratta, trovasi in sul gruppo di monti, che all'estremo meridionale della Nurra, avanzandosi nel mare, formano un promontorio, terminato a ponente nel capo detto dell'*argentera*.



Fig. 30.

Questi monti non hanno grande elevatezza, e nell'interno presentano valli e coste poco rapide, mentre verso il mare scendono più dirupati.

La costa occidentale offre alcuni piccoli porti accessibili ai battelli, tra cui è da notarsi quello di S. Nicola (fig. 30) perchè più prossimo alla miniera, e sarebbe alla sua prosperità oltremodo opportuno.

Il terreno che costituisce quei monti occidentali della Nurra è tutto composto di schisti bigi od azzurri di formazione antichissima. La stratificazione di quegli schisti è diretta quasi secondo l'ago della bussola, ed ha una visibile pendenza verso l'est. Percorrendo quei luoghi si vede che il promontorio dell'Argentera è quasi isolato dal resto dei monti adiacenti per mezzo di una vallicella tortuosa *v v*, la quale prendendo origine sopra un giogo imminente alla costa meridionale del promontorio, scende prima quasi al Nord, poscia ricevuto un confluente a destra, gira subitamente verso l'ovest, e dopo il corso di forse non due chilometri, sbocca nell'anzidetto porto di S. Nicola.

All'origine appunto di questa valle, e sul suo fianco sinistro si trova un potente filone (la sua traccia è segnata con la linea *v v*) con avanzi di antichi scavi. Anzi a chi attentamente osservando risale la valletta partendo dal ridetto porto, si appalesano di subito frequenti piccoli cumuli di frantumi minerali, e vestigia persino di antichi forni; quindi la prova che nei tempi andati, forse antichissimi, si lavorava in quel luogo il minerale estratto dal superiore filone.

Questo filone sorge sul sinistro fianco della valle per la distesa di qualche ettometro, presentando quivi una cresta saliente FF' (fig. 31) che domina di 20 a 30 metri il fondo della valle medesima. Simil cresta non è continua, ma interrotta in due parti ineguali F, F' da un valloncello laterale *r r*. La direzione generale di questo affiorimento è incirca NNE-SSO, o più precisamente N. 27 gradi all'Est.

La potenza è varia, ma sempre assai notevole, e di parecchi metri. In qualche punto come presso *i*, simula una forte pendenza, notevole all'Ovest, ma altrove non si scorge più tal pendenza, cosicchè solo i lavori sotterranei potranno dimostrarlo. All'Ovest del medesimo punto *i* si osservano su pel monte alcuni scavi antichi P, P in forma di pozzi, ed un altro affioramento minore che sembra però concorrere col primo a poca distanza.

Queste parti visibili del filone furono molto lavorate dagli antichi, come ben mostrano i copiosi disterri che ivi coprono le falde del monte. Più lungi sia al Nord che al Sud non si scorgono traccie ben certe del filone; sembra dunque che nel suo vero espandimento ne sia limitata la lunghezza a poche centinaia di metri. Però verso il Sud, salendo il giogo sopraccennato, il quale domina la rapida costa del mare, si vede ancora qualche scavo, e per esempio un pozzo quadrato *q* il cui fondo è ora coperto d'acqua, ma da cui si estrasse del minerale, come ben indica la circostanza discarica. Più in alto, verso il giogo, non si scorgono sul prolungamento del filone che parecchie vene di quarzo ramificate nel terreno schistoso, per cui sembra quello avere ivi il suo termine.

La roccia più abbondante di questo filone è il quarzo, indi lo schisto medesimo del terreno circostante, penetrato di silice ed indurito; tratto tratto la calce carbonata e barite solfato. Queste sono le matrici sterili.

I minerali utili che alle medesime vanno uniti sono la blenda bruna o solfuro di zinco ferrifero, e la galena o solfuro di piombo. La blenda forma vene di riguardo intercalate nelle masse di quel potente filone, e la galena trovasi unita alla blenda ora in venule, ora in piccole masse ed in ticchio, quale grossamente cristallizzato in cubi, quale zonato, quale a grana finissima o direi quasi compatta. Farò cenno più tardi sulla natura speciale e sulla ricchezza di questo minerale.

Ora vengo ai lavori antichi che si possono osservare su quel filone.

In primo luogo si vede che la cresta fu con tagli aperti in più d'un luogo lavorato; indi si penetrò nella massa del filone con scavi o fornelli discendenti, seguendo probabilmente o ricercando quelle parti delle vene

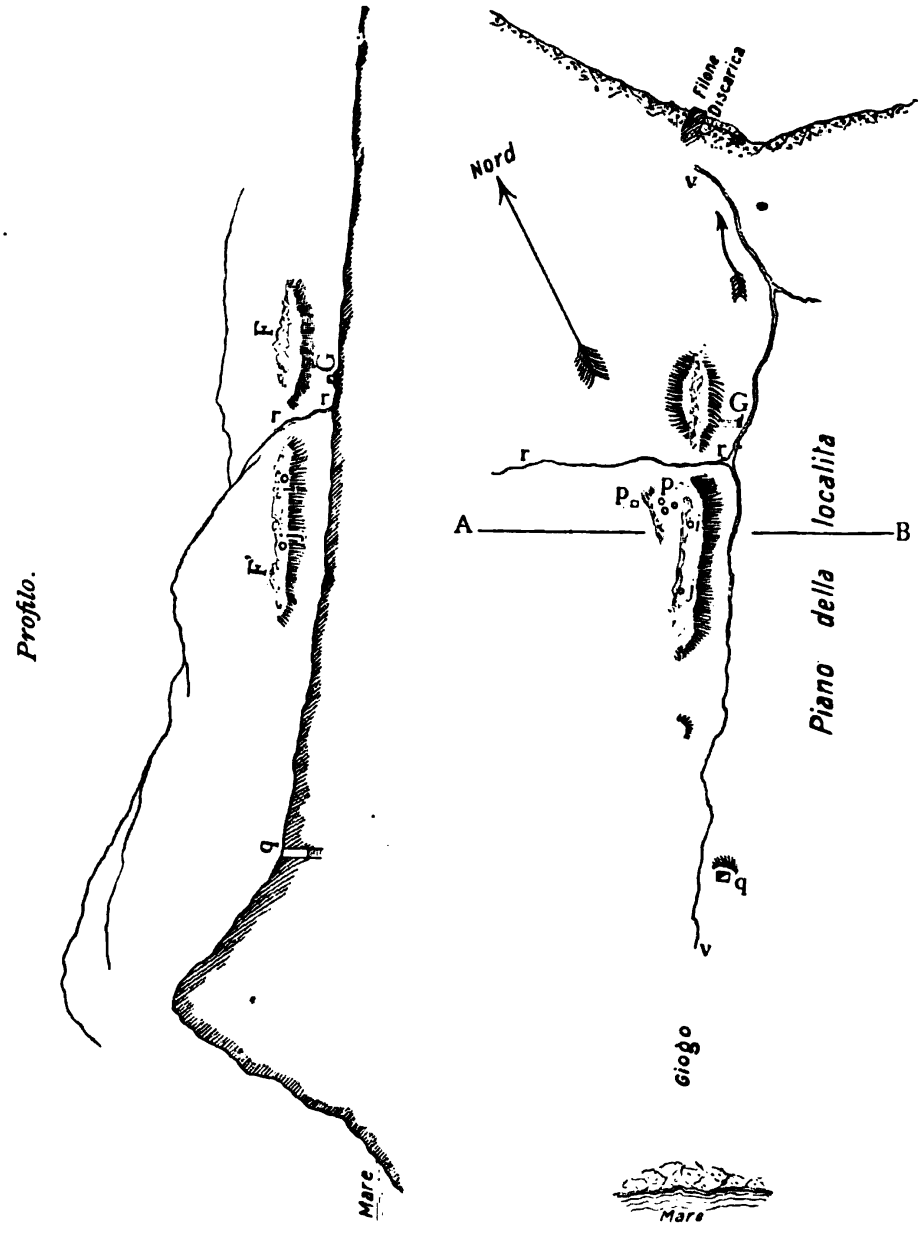

Profilo.
Filone Discarica
Nord
G
r
A
B
Piano della località
q
v
Giogo
Mare
Mare

Fig. 31.

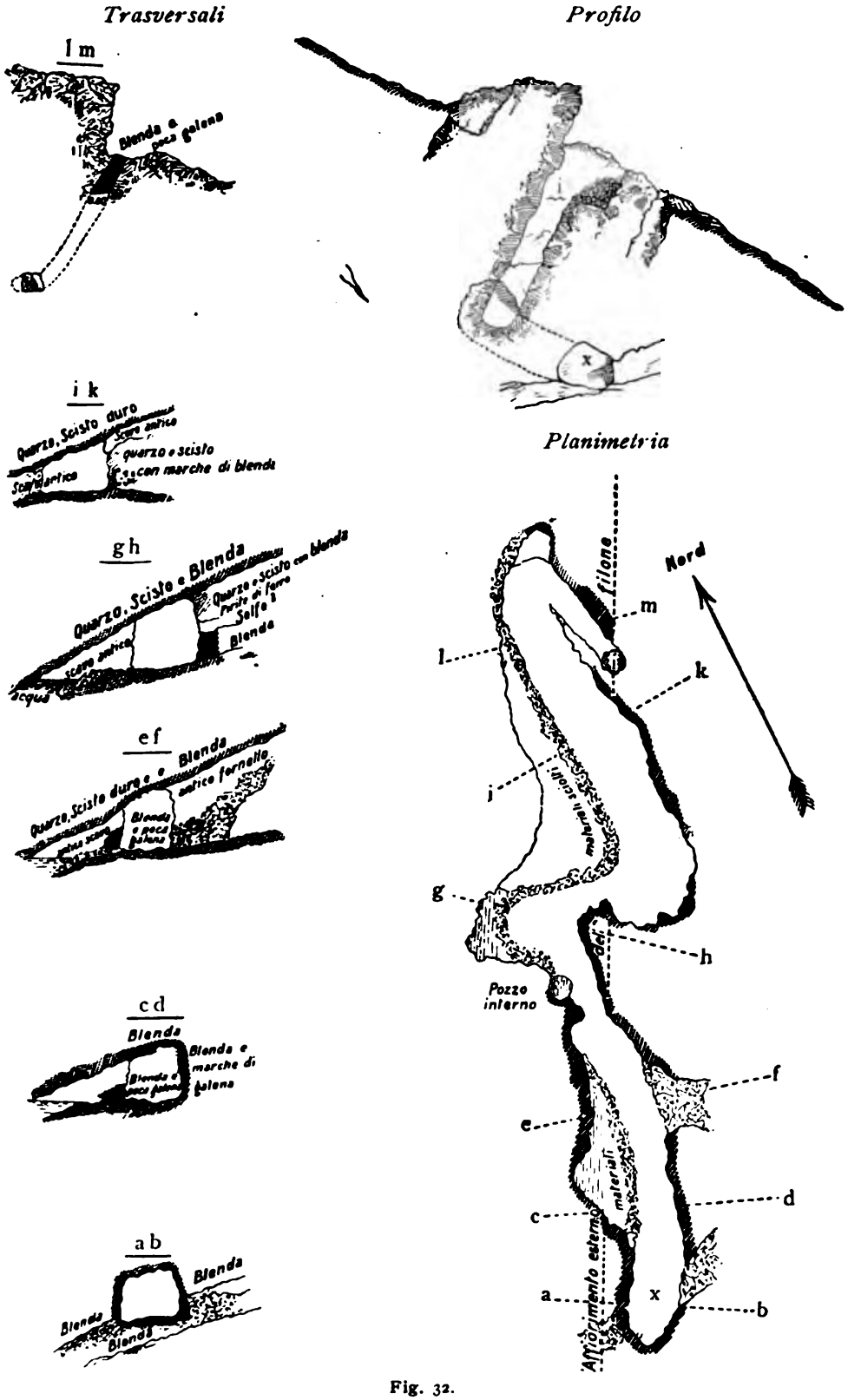

Trasversali
Profilo
l m
Blenda e poca galena
i k
Quarzo, Scisto duro
Scisto antico
quarzo e scisto
con marche di blenda
g h
Quarzo, Scisto e Blenda
Quarzo e scisto con blenda
Pirite di ferro
Solfo
Blenda
e f
Quarzo, Scisto duro e Blenda
Blenda e poca galena
c d
Blenda
Blenda e marche di galena
a b
Blenda
Planimetria
Filone
Nord
m
l
k
j
g
h
Pozzo interno
f
e
d
c
a
x
b
Affioramento esterno

Fig. 32.

di blenda che più ricche apparivano in galena. Dei materiali estratti con simili scavi irregolari ed incomodi, grande è la mole, essendone coperta la falda del monte sotto la cresta del filone; onde è probabile che gli antichi con quei lavori a lor foggia sieno giunti a profondità di parecchi metri sotto la superficie. Ignoro tuttavia se giunti sieno al livello del sottostante rivo.

Nel punto *j* vi ha uno scavo discendente ma o di poca profondità o ricolmo; quivi si osserva alla parte orientale del filone, che sembra il suo riposo una vena potente parecchi decimetri, che è un misto intimo di blenda e galena.

Nel punto *i* alquanto più al Nord e ad un 20 o 25 metri sulla valle, si apre la bocca di un altro scavo antico, quello appunto ripreso non ha guari, ed in cui nello scorso inverno alquanto lavoravasi. L'unita fig. 32 ne presenta il piano, e varie sezioni per mostrarne la forma ed il modo in cui vi si presenta il minerale. Questo scavo si dilunga verso il Sud incirca nella direzione del filone. Vi si scende dalla bocca *i* al fondo di una trincea, dove vedesi una bella vena di blenda mista ad alquanto galena e larga oltre a 0.60 m. Quivi la massa totale del filone che è potente di più metri, inclina molto all'Ovest, come indica il taglio trasversale *lm*. Il principio dello scavo è profondo circa 6 metri sotto la bocca *i*, ed il suolo del medesimo va ora in discesa, ora in salita, senza però oltrepassare la profondità massima di metri 8 circa sotto la bocca *i*. Questo scavo o galleria irregolare, a partire dalla sezione *gb* è quasi sempre in una massa di blenda mista a poca galena, come indicano le sezioni medesime *gh*, *ef*, *ed*, *ab*; la sua direzione concorda con quella dell'esterno affiorimento. Passa attraverso a quasi continui scavi antichi o fornelli, che scendono con forte inclinazione verso ponente, come anche vedesi dalle indicate sezioni trasverse. Questi fornelli verranno probabilmente sino dalla superficie, e si abbassano sin sotto alla galleria; ma quasi ovunque poco disotto al suolo della medesima sono ingombre di caduti materiali o di acqua.

Il materiale si mostra abbondante in vari punti sulle pareti della galleria, specialmente poco dopo la sezione *gh*, dove, vicino ad un pozzo antico ora coperto di legname, la blenda forma un banco quasi orizzontale della potenza di 1 metro circa.

In questo luogo la blenda è frammista di molta galena; ragione forse per cui veniva quivi appunto affondato il detto pozzo, e precisamente dove la galena si mostra in copia maggiore. È pure curioso in quel luogo la presenza sopra alla massa di blenda, di una vena di pirite ferrosa e di uno straterello che contiene una sostanza gialla polverulenta ardente con fiamma azzurra e vapori di acido solforoso, e che mi parve solfo nativo.

Verso il fine dello scavo in *x* si avanzava nello scorso inverno per alcuni metri, scavando in una dura massa di blenda, mista sempre di alcun poco di galena. Quest'ultimo e recente tratto della galleria passa

sopra un antico fornello che come gli altri scende pure a ponente con rapido pendìo.

Questo scavo che mi pare l'unico in cui si possa ben penetrare per ora, mostra adunque una ricchezza notevole in blenda, e di più, che questa è tratto tratto mista a galena in tale proporzione che mi sembra poter costituire un minerale conveniente a scavarsi, sovratutto qualora questa galena avesse una tenuta in argento di qualche entità. La parte del minerale più ricca in galena sembra anche essere stato lo scopo delle ricerche e dei lavori antichi, i quali sono probabilmente anteriori all'invenzione della polvere.

Un altro lavoro antico si osserva nel punto G sopra la parte del filone che è al Nord del rivolo *r r;* è questo una galleria di traverso spinto dal basso della valle per tagliare il filone alla massima possibile profondità, che può essere di 20 a 25 metri sotto la cresta. Questa galleria è ora in parte rovinata, in parte anche ingombra dalle acque, onde riesce impraticabile. Però volendo giudicare dai materiali che si scorgono alla sua bocca, e fra cui vi è molta blenda, sembra che già fosse giunta a tagliare il filone.

Fra gli antichi scavi nulla più vidi di notevole, salvo, se vuolsi, il pozzo quadrato *q*, il quale scavato incirca sul prolungamento del filone ma in luogo dove non apparisce affioramento visibile, deve tuttavia avere incontrato il filone od un suo ramo, poichè la discarica contiene pezzi di minerale blendifero.

Accessoriamente si può citare l'esistenza di traccie piombifere nel punto detto, credo, *Rocca de Plata*, a manca della discesa verso il porto di S. Nicola, che si pratica andando dall'ovile Alivesi all'Argentera.

Secondo i saggi dell'ing. Mamoli, la galena di questo punto conterrebbe non meno di L. 45 di argento per quintale metrico. Vi sono traccie di lavori antichi ma poco discernibili. Questo giacimento mi parve incirca sul prolungamento a Nord del filone dell'Argentera.

L'esame delle antiche sovraccennate escavazioni ci mostra adunque essere il filone dell'argentera ricco di blenda, ed anche, ma in grado molto minore, di galena. Sino a qual profondità giungessero quelle antiche escavazioni e se realmente la galena fosse molto più copiosa alla superficie che al fondo, è cosa che mi parve non potersi a tutta sufficienza riconoscere da quanto solo può vedersi oggi giorno, essendo la cresta del filone quasi ovunque denudata di minerale. Onde per essere sicuri del fatto, resta pur sempre necessaria una buona esplorazione di questo metallifero giacimento nella sua profondità.

Importantissima poi è la questione della sua ricchezza in argento, e quindi del valore commerciabile. Il mineralogo Napione che la visitava sul finire dello scorso secolo, dice avervi trovato oltre la blenda e la galena e dell'argento grigio: minerale molto argentifero.

Il Bely che visitava pure questa località nello scorso secolo ed istituiva anche dei saggi dice avere trovato *in quei contorni* dei minerali

piombiferi che danno *sino a 3 once e* $^1/_2$ *d'argento per ogni cantara*. Questa ricchezza d'argento è notevolissima, perchè corrisponderebbe a 300 grammi d'argento per quintale metrico di minerale, ed il cui valore soltanto già sarebbe di circa L. 60. Il Bely però non dice se questa ricchezza appartenesse realmente alla galena di questo filone; alcuni saggi eseguiti dall'ing. Mameli avrebbero dato una tenuta in argento di L. 10 per quintale.

Questi dati, ed anche se vuolsi, il nome dato al luogo, nome che sembra indicare un'antica produzione d'argento, eccitano un giusto interesse per questa località.

Nello stato attuale però, l'Argentera apparisce sovratutto come una miniera di blenda, e siccome la galena non vi forma se non piccola parte della massa del minerale, parmi che senz'altre indagini, non potrebbe invero dichiararsi come miniera di piombo. Tanto meno poi senza ulteriori indagini, si può avere buona convinzione sopra il successo avvenire dell'intrapresa che fosse diretta alla coltivazione di questo metallifero giacimento. Ora in un'epoca nella quale l'industria mineraria si risveglia in Sardegna, e potenti società stanno per costituirsi o già esistono, onde riprendere la coltivazione delle miniere capaci di un avvenire, sarebbe oltremodo opportuno ed utile, che anche sull'argentera della Nurra, potessero aversi dati più positivi, i quali permettessero di farsi un'idea almeno del suo probabile valore. Si aggiungano ancora i vantaggi eminenti, già ben notati dal Napione ed altri, cui presenterebbe questa miniera qualora i suoi minerali avessero un valore commerciabile.

I precipui mi sembrano: 1° L'abbondanza istessa del minerale presumibile e della potenza ragguardevole del filone, e da quanto se ne scorge tuttavia; 2° la comodità della vicinanza del mare che riduce al minimo la spesa dei trasporti d'ogni genere, sia dei materiali necessari alla miniera, sia del minerale istesso; 3° la vicinanza della città di Sassari e del porto d'Alghero, di dove ogni provvisione facilmente si potrebbe procurare; 4° la presenza di un torrente ricco d'acqua per molti mesi dell'anno, che può servire ottimamente alla lavatura e separazione dei minerali. Si è perciò che alcuni lavori di esplorazione, condotti bensì con prudenza e colla possibile economia, ma però efficaci e concludenti, mi sembrano da consigliarsi e da farsi per l'esplorazione.

Lo scopo da raggiungersi per riconoscere il valore dell'Argentiera, si è per una parte sapere la ricchezza media in argento del minerale piombifero, solo minerale che possa formare per ora (1853) l'oggetto di lucrosa speculazione; per altra parte riconoscere il filone nella profondità onde vedere se vi continui l'abbondanza del minerale e sovratutto in quale copia vi si ritrovi la galena, o se invece cessi questa per fare luogo alla blenda quasi pura.

Quanto perciò sia da farsi a parer mio andrò ora brevemente esponendo.

In primo luogo, a riconoscere la ricchezza in argento, occorrono varî e ripetuti saggi sul minerale piombifero raccolto in diversi punti degli

antichi scavi. Un'analisi accurata di alcuni pezzi di questo minerale sarebbe anche opportuna per riconoscere se è possibile l'esistenza dell'*argento-grigio* accennato dal Napione, e che non si può sempre distinguere al solo aspetto, sovratutto quando, come è qui probabile, esista disperso colla massa degli altri minerali, od in piccola quantità. I detti saggi od analisi possono farsi o nel R. Laboratorio di Torino, od a Genova, a Parigi, od altrove.

Questa è la prima ricerca che io consiglierei innanzi anche di procedere ad alcun lavoro nella miniera. Avremo così un primo dato importantissimo che servirà anche di norma sul modo d'imprendere i lavori, intendo dire sovratutto per le somme che converrà di consacrare a siffatte ricerche. Poichè è evidente, che più prezioso sarà il minerale, con maggiore coraggio e dispendio si potranno iniziare le volute esplorazioni.

Quanto alla blenda, già le prove istituite dal Curioni avrebbero mostrato che non ha una ricchezza pregievole in argento, locchè pure si osserva in altre miniere della Sardegna, dove tuttavia questo minerale va associato a galene molto argentifere. Però se vero è che la fabbricazione dell'ossido di zinco abbia dato un certo valore anche alla blenda, e come allora dietro le ultime informazioni questo minerale si potrebbe vendere a Marsiglia al prezzo di L. ? per quintale, può sperarsi di trarre anche dal medesimo alcun vantaggio: tanto più convenevolmente, che per escavare le masse ricche di galena sarà pure necessario scavare una notevole quantità di questa blenda.

Quanto poi ai lavori di esplorazione da intraprendersi sopra il filone dell'Argentera, si può procedere nel seguente modo.

In primo, sarei d'avviso, si esplorassero ancora per quanto è possibile gli scavi antichi, cercando di penetrare in alcuno dei medesimi sino alla massima profondità, collo sgombrare i materiali che in parte li riempiono, e se si trova dell'acqua raccogliticcia estraggendola pure, tanto da poter vederne il fondo e le pareti. A meno di straordinarie difficoltà, è questo il mezzo se non più comodo, almeno più pronto per giungere ad indagare il filone e ad un tempo i lavori antichi, la conoscenza dei quali è pure di grande utilità.

Percorrendo dunque l'estremo del filone, si sceglieranno quei punti in cui si possa aver maggiore speranza di facile esplorazione, e nei medesimi si darà opera allo sgombro, ed all'esame delle roccie. La galleria o scavo sopradescritto nel punto *i* è certamente uno dei luoghi da ricercarsi. Quivi si può esplorare il pozzetto coperto di legnami, ed anche spingere qualche scavo nelle pareti circostanti dove apparisce assai copiosa la galena. Sarebbe pure bene se si potesse sgombrare e prosciugare il fondo del pozzo quadrato *q* e visitarlo.

È bene inteso che l'indagine di questi antichi lavori non deve riguardarsi che come operazione direi così, preliminare ed accessoria, per acquistar di subito qualche più precisa conoscenza. Nel modo poi di eseguirli, molto resta affidata alla sagacità del capo-minatore, o della persona che dirigerà quei primi tentativi.

Uno fra gli antichi lavori che tuttavia dovrebbe riprendersi, è la galleria G ora ingombra in parte di acqua e di materiali. Siccome la medesima sembra già pervenuta al filone cui taglia ad una notevole profondità, sarebbe interessante successo il poterla riaprire. Se però accingendosi a quest'opera si incontrassero per le cadute o rovinate pareti difficoltà alquanto notevoli, e sovratutto si fosse costretti a procedere con troppa lentezza, considerando anche come la bocca di questa galleria sembra alquanto troppo bassa rispetto all'attuale fondo del torrente, si può prescinderne. Invece si aprirebbe una nuova galleria affatto consimile, alquanto al Sud del rivolo *r r* e che andasse a tagliare il filone incirca sotto lo scavo sopradescritto *i* in cui lavoravasi nello scorso inverno. Parmi che questa galleria può con una lunghezza di forse 50 a 60 metri al più, tagliare il filone a più di 20 metri sotto la cresta, la stessa ci dimostrerà efficacemente se quegli antichi lavori giungano o non a tale profondità e ci darà mezzo di fare importanti ricerche nella massa del filone.

Ma il precipuo tra i nuovi lavori da consigliarsi, è un grande pozzo d'esplorazione che ad un tempo, se la miniera sia poi per dimostrarsi proficua, serva anche alla definitiva sua coltivazione.

Questo pozzo si può intraprendere sul mezzo del filone e per esempio presso allo scavo *i* in un punto opportuno, prima alquanto preparato perchè non sia sottoposto all'incomodo o del rivo *r r* o delle acque piovane. Si scaverà verticalmente, e con una sezione rettangolare di 4.50 metri di lunghezza nel senso del filone, su 2 di larghezza. Se il filone scende verticale, il pozzo sarà sempre nella sua spessezza, se inclina a ponente od a levante si ricercherà poi partendo dal pozzo con gallerie di traversa. Le dimensioni notevoli che al medesimo si assegnano sono in vista dei bisogni avvenire, cioè dell'estrazione del minerale con secchioni, della discesa e salita degli operai per mezzo di scale, dell'esaurimento dell'acqua con trombe e finalmente dell'armatura in legname che potesse occorrere per sostenere le pareti. Da questo pozzo, ed a profondità convenienti, si faranno partire gallerie di ricerca nel filone medesimo. La prima si potrà aprire al livello stesso della galleria di ribasso proposta poco sopra, talmente che sufficientemente prolungata la incontri. Le altre gallerie si potranno aprire per esempio da 20 in 20 metri di profondità.

Intanto noterò come l'apertura dell'accennata galleria di ribasso si possa in ogni caso dire utilissima anche per l'avvenire in causa precisamente del riscontro che può avere col pozzo principale; poichè in tal modo si potranno far defluire per la medesima le acque estratte dai livelli inferiori, e forse anche i materiali, risparmiandone l'elevazione per forse 20 metri d'altezza. Ne perciò è affatto necessario che la ridotta galleria vada direttamente ad intersecare il pozzo. Questa e quella devono aprirsi in quei punti che meglio si confaciano alla configurazione del terreno, ed alle altre locali circostanze; basterà in ogni caso che comunichino fra

loro in un modo qualunque, perchè dalla corrispondente del pozzo alla bocca della estrema galleria si abbia una comoda ed uniforme pendenza.

La bocca del gran pozzo sarà guarentita come già si disse, dalle filtrazioni delle acque che ponno scendere dal monte e coperta da apposita tettoia, i materiali potranno estrarsi dapprima con un buon tornio; le acque che potessero incontrarsi, verranno alzate da una tromba a mano di semplice e comoda costruzione. Aumentando la profondità si può sostituire al tornio un baritello girato da cavalli, e questo può muovere anche le trombe. Più tardi, procedendo bene le cose, si può sostituire al tutto una macchina a vapore di conveniente potenza.

Sarebbe fuor di luogo scendere ora a più minute particolarità sul modo di eseguire tali lavori; queste si ponno solo suggerire e meglio nell'atto dei lavori, e mal troverebbero luogo in un rapporto solo generico.

Si propose altra volta ad esplorare il filone dell'Argentera, una galleria aperta dal lato meridionale, poco sopra il lido del mare. Questa infatti giungerebbe a tagliare il filone ad una certa profondità cui però non potrei definire, non avendo avuto campo di misurarla.

Ma considerando che verso quella parte il filone sembra cessare o spandersi in rami sterili, e che per raggiungerlo là dove può presentarsi ancora sufficientemente riunito e metallifero, occorrerà percorrere forse un 200 metri con galleria nello sterile, mi sembra che simile lavoro non sia da consigliarsi per ora. Tanto più che si intraprenderebbe simile costoso lavoro e di lunghissima esecuzione, sopra un esito incerto, quale si è sempre quello dell'esplorazione di una miniera.

Io quindi opino, che per ora non convenga scostarsi dalla parte già nota del filone, il che si farà appunto in modo abbastanza efficace coi proposti lavori, ed in un lasso di tempo immensamente più breve, massimo tra i vantaggi quando si esplora.

Occorrerà la costruzione sul luogo istesso di una casuccia ad abitazione dei minatori per evitare loro incomodo viaggio all'ovile sovratutto nelle jemale ed estiva stagioni.

Quanto al numero dei minatori, in prima, cioè quando solo si esplorerà gli scavi antichi, e si apra la galleria di ribasso, può ritenersi di 8, diretti da un caporale. Occorreranno ancora un fabbro, un falegname armatore, ed una diecina almeno di manovali. Con ciò si potrà lavorare anche a due turni nella galleria. Più tardi se si deciderà di aprire il gran pozzo, potrà occorrere di dovere aumentare quel numero.

I proposti lavori esigono al certo una posta notevole di danaro. Infatti ad esplorare e sgombrare alcuni dei lavori antichi, ad aprire la nuova galleria di ribasso e spingere il gran pozzo alla profondità per esempio di 50 metri con gallerie laterali di ricerca, parmi che con gli accessori la spesa possa ascendere dalle 40 alle 50 m. lire.

Con ciò è vero si sarebbe avanzato il lavoro in modo concludente, e la miniera sarebbe quasi in stato di coltivazione.

Tuttavia, si è in riguardo di tale spesa che andai proponendo suc-

cessivi lavori di importanza crescente, ed in guisa che sempre procedendo dal noto all'ignoto, poco ad ogni volta si rischia. Così infatti si comincia con ripetuti saggi per chiarire la ricchezza della miniera.

Indi se questi danno buon risultamento, si procede all'esame degli antichi lavori, indi alla piccola galleria di ribasso sotto lo scavo *i*. Finalmente, sempre continuando coi saggi, se le cose procedono prospere, si può dare opera alacre all'apertura del pozzo, che sarebbe poi l'anima della futura miniera ».

PARTE SECONDA

LAVORI DI CAVA E MINIERA

CAPITOLO IV.

Perforazioni

Perforazioni. — Trivellazioni - Sondaggi alla corda - Metodo canadese, metodi rapidi - Sondaggio al diamante.

Trivellazioni o sondaggi.

159. Passeremo in rassegna alcuni fra i principali e più comuni metodi, che si adoperano nella pratica, per condurre attraverso le formazioni terrestri le perforazioni, allo scopo di riconoscere la natura del sottosuolo, oppure di ricercare o di sfruttare giacimenti mineralizzati racchiusi nelle profondità del terreno.

Le perforazioni possono essere comunque inclinate o verticali: però soltanto in quest'ultimo caso esse raggiungono lunghezze rilevanti, magari superiori a 1000 metri: le perforazioni inclinate invece raramente si spingono oltre 50 ÷ 80 metri. Le perforazioni condotte verticalmente costituiscono i *pozzi perforati:* quelle guidate con inclinazione sono generalmente degli *scandagli.* I primi misurano qualche decimetro di diametro: gli scandagli invece soltanto qualche centimetro.

Ci occuperemo ora dei *pozzi perforati.* — Le perforazioni profonde si prestano a numerose applicazioni: servono ad es. per ricercare acque salienti (pozzi artesiani), per creare pozzi assorbenti, raggiungendo degli strati permeabili profondi; per riconoscere la natura del sottosuolo e cioè la stratigrafia sotterranea, per rintracciare l'esistenza in profondità di giacimenti di sostanze utili, ed infine, in molti casi, per poterli, una volta riconosciutane la presenza, economicamente sfruttare. Così le perforazioni servono per

ottenere alla superficie le acque minerali che circolano nel sottosuolo di alcune località: le acque di Salsomaggiore, quelle di Salice e di alcuni dei soffioni boraciferi della Toscana, sono precisamente ottenute in questo modo. — Se il pozzo attraversa una formazione di salina, riescirà possibile inviare nella massa solubile dell'acqua, che poi pompata come salamoia ed evaporata alla superficie del suolo, darà il sale.

Nella Luisiana si coltiva da poco tempo con metodo sotto un certo aspetto analogo, un giacimento di solfo. Per mezzo di perforazioni si invia nella massa solfifera, che giace ricoperta di oltre 100 metri di sabbie acquifere, dell'acqua surriscaldata a 170°. Essa fonde lo zolfo, che così si raccoglie sul fondo del pozzo, da dove, per apposita tubazione e coll'aria compressa, è sollevato alla superficie. L'impianto comporta tre tubi, disposti concentricamente lungo il pozzo: nello spazio anulare, compreso fra quello esterno ed il tubo intermedio, scende l'acqua surriscaldata, destinata a fondere lo zolfo: il tubo centrale, di minor diametro, si prolunga fino nella massa di zolfo fuso e porta l'aria compressa che, liberandosi in bolle, solleva, col processo ben noto degli emulsori, lo solfo liquido nello spazio anulare compreso fra il tubo centrale e quello intermedio.

Coi sondaggi nelle regioni petrolifere si raggiungono i depositi di petrolio. L'olio minerale talvolta sale spontaneamente, come sale l'acqua da un pozzo artesiano, alla superficie del suolo, ma altre volte invece richiede d'essere pompato e nel pozzo petrolifero si abbassa allora una pompa sollevante. — Nella Pensilvania, nei dintorni di Pittsburg, si conoscono alcune correnti profonde di gas idrocarburati, veri fiumi sotterranei gassosi, alla pressione di $8 \div 10$ atmosfere, che sono attivamente sfruttati mediante perforazioni per alimentare le officine, vetrerie, forni metallurgici della regione.

Le perforazioni ricevono anche alcune applicazioni speciali nei lavori minerari per ventilare lavori profondi, per mettere economicamente in relazione la superficie del suolo con gallerie di scolo allo scopo di creare della forza motrice, per guidare direttamente nei cantieri sotterranei condotte di aria compressa od elettriche, per collocare i tubi refrigeranti, necessari nel processo Poetch alla congelazione del terreno, per l'affondazione dei pozzi maestri delle miniere attraverso terreni acquitrinosi.

160. A queste applicazioni dei sondaggi se ne aggiungono altre importanti di carattere industriale o scientifico. Così in una località d'Ungheria ricca di acque termali, queste furono rintrac-

ciate ad alta temperatura nella profondità del suolo e condottate alla superficie per riscaldare nella stagione invernale le abitazioni.

Attraversando con una perforazione il sottosuolo di una regione, si può riconoscerne la natura e precisare la successione degli strati fino alla profondità cui essa giunge; moltiplicando le perforazioni in una data regione, e facendo gli opportuni rilievi della direzione e dell'inclinazione che presentano gli strati che sono successivamente attraversati, è possibile di ricostruire, almeno nelle sue linee generali, la stratigrafia sotterranea della regione.

Queste ricerche non soltanto sono interessanti dal punto di vista geologico o minerario, ma anche possono utilmente illuminarci sopra la natura del sottosuolo per ciò che riguarda la costruzione di edifici, di opere di sbarramento di valli, e per altri lavori d'ingegneria che richiedono fondazioni importanti. Naturalmente in questi ultimi casi le perforazioni sono limitate a profondità relativamente piccole, mentre volendosi compiere studi geologici o ricerche minerarie, le perforazioni si spingono soventi, come già si disse, a più centinaia di metri di profondità.

Infine le perforazioni costituiscono un mezzo di esplorazione e di ricerca, assai economico e rapido, per rintracciare a profondità rilevanti quei giacimenti di minerali che per essersi depositati in forma di strati o di lenti, presentano una larga proiezione orizzontale, come i combustibili fossili, i minerali di ferro, lo zolfo, i petroli, ecc.

Le perforazioni inclinate sono condotte solamente a qualche decina di metri di distanza dalle fronti delle roccie. Esse servono talvolta per esplorare le roccie lateralmente alle pareti delle gallerie o degli scavi minerari, ma più sovente s' impiegano nei lavori sotterranei per drenare dai gas pericolosi racchiusi nelle roccie che limitano gli scavi o per assicurarsi della continuità delle roccie a qualche metro di distanza dagli scavi per evitare la sorpresa di *colpi d'acqua* che invadano i lavori.

Le perforazioni inclinate sono generalmente ottenute con apparecchi speciali mossi a mano ed analoghi alle perforatrici a rotazione di cui ci occuperemo in seguito.

161. **Perforazioni a piccola profondità.** — Per ricerche limitate alla profondità di qualche metro, in terreni sciolti, si ricorre a semplici *trivelle*, che si affondano nel terreno facendole rotare a mano e che poscia, estratte, portano alla superficie qualche porzione del sottosuolo che fu intaccato.

Per profondità alquanto maggiori si usano le trivelle a rota-

zione od a percussione. Le trivelle a mano a rotazione si preferiscono per le formazioni relativamente tenere, nelle quali un succhiello, che costituisce l'organo principale della trivella, man mano s'affonda, per la rotazione che gli è impressa, nel terreno. Nelle formazioni dure si adottano invece le trivelle a percussione, che agiscono come uno scalpello il quale gradatamente incide la roccia che si deve attraversare.

Trivelle a rotazione. — L'utensile è costituito da una lama di acciaio piegata a spirale, oppure da una specie di cucchiaio tagliente, semicilindrico, col labbro inferiore piegato leggermente ad elica: Questo utensile, che prende il nome di *tarièra*, serve nei terreni molli e plastici.

Le trivelle sono montate all'estremità di aste in ferro mantenute verticali sopra il foro in affondazione, alle quali si imprime a mano, per mezzo di una leva trasversale, il movimento di rotazione necessario per l'avanzata dell'utensile nel terreno: Tratto tratto le trivelle si ritirano dal foro per pulirle del materiale aderente; e questo materiale serve per riconoscere la natura del sottosuolo che si attraversa, quando ciò interessa al perforatore.

Apparecchi di questo genere servono anche per aprire in roccie tenere, come ad es. nei carboni, dei fori orizzontali od inclinati, allo scopo di sondare lo strato agli avanzamenti delle gallerie, e cioè per riconoscere se racchiude depositi di acque o di grisou, in modo da poterne provocare per misura di sicurezza l'evacuazione regolare. I fori destinati a questi sondaggi si ingrandiscono oltre i diametri normali, che misurano $10 \div 15$ cent., e si portano generalmente a $30 \div 40$ centimetri od anche a 80 centimetri di diametro se si tratta di drenare del gas.

Gli ordinari fori d'esplorazione che sono aperti con trivelle raggiungono $15 \div 20$ metri di lunghezza e molte volte sono praticati, anzichè col solo lavoro a braccia, coll'aiuto di semplici meccanismi che ottengono la rotazione delle aste e dell'utensile perforatore con poca spesa di lavoro.

Pei sondaggi verticali di qualche profondità, la trivella è sempre sostenuta con una fune, da una puleggia montata sopra una capra di $5 \div 6$ metri d'altezza: un arganello facilita e rende spedito il sollevamento della trivella alla quale il movimento di rotazione è dato al solito modo a mano con una leva trasversale. Con apparecchi di questo genere in terreni facili si possono praticare fori anche di 100 metri di profondità in un mese di lavoro. In alcuni terreni teneri, quali le alluvioni del Missisipì a New Orleans, an-

zichè le aste s'adoprano, per sostenere la trivella, dei tubi avvitati a manicotto l'uno all'altro, che portano inferiormente una corona d'acciaio temprato intagliata a denti; una semplice disposizione meccanica permette di far rotare l'asta tubolare attorno a sè stessa. Dell'acqua è iniettata per mezzo di una pompa nell'asta; l'acqua, sfuggendo dalla corona inferiore della trivella, risale nel pozzo, convogliando alla superficie il detrito che è prodotto dalla rotazione della corona contro il terreno. Noi vedremo più avanti questo metodo perfezionato ed applicato alla perforazione coi diamanti.

162. *Trivelle a percussione.* — Le trivelle a percussione servono per attraversare formazioni relativamente dure: Esse sono mosse a mano o meccanicamente. Le trivelle a percussione mosse a mano s'impiegano per aprire fori verticali, profondi al massimo $10 \div 12$ metri: Esse sono costituite da uno scalpello di ferro, che è fissato a vite ad un'asta di ferro di sezione quadrata di $2 \div 3$ cent. di lato. Quest'asta può avere $2 \div 3$ metri di lunghezza ed è alzata ritmicamente e lasciata poi cadere nel foro da due o quattro uomini che l'afferrano per mezzo di chiavi ad incastro. Questi operai, durante la manovra, girano attorno alla trivella, in modo che questa, mentre si mantiene sempre sulla stessa verticale, subisce nell'orientazione dello scalpello degli spostamenti angolari in guisa da incidere uniformemente il foro.

Nel foro in via di trivellazione si mantiene dell'acqua per trasformare il detrito che si produce nella perforazione in fango: questo è tratto tratto sollevato per mezzo di un tubo di ferro, chiuso inferiormente con una valvola, che si sostituisce ad intervalli allo scalpello. Questo tubo prende il nome di *campana*. Naturalmente, man mano che il foro si approfondisce, si avvita all'asta primitiva una nuova asta di ferro, che poi si sostituisce, a sua volta col progredire del lavoro, con altre aste più lunghe.

Con una trivella di questo genere i fori hanno circa 6 centimetri di diametro: il costo della perforazione è assai variabile colla durezza delle roccie da attraversare. In formazioni dure e compatte si pagano le perforazioni circa 8 lire al metro corrente per profondità non maggiori di 8 metri. Per guidare la sonda nei primi metri si affonda nel suolo un tubo di ferro, oppure si dispongono quattro travetti verticali, che comprendono il primo tratto della perforazione, e che servono a mantenere la verticalità alle aste durante le manovre. Oltre i 12 metri questi semplici sondaggi a mano non sono più possibili in causa del peso rilevante che as-

sume l'asta che si dovrebbe manovrare. Si ricorre allora, per facilitarne il sollevamento, a disposizioni meccaniche, e la più semplice consiste nel sostenere con una capra sulla verticale del sondaggio una puleggia, per tenere, mediante una fune, il sistema delle aste.

La fune è unita alle aste per mezzo di un gancio che permette la rotazione della sonda senza torsione della corda. Il capo libero della fune, che passa sulla puleggia, è manovrato ritmicamente, a comando, dai perforatori. Con questa disposizione si possono aprire fori profondi 25 ÷ 30 metri e di 6 ÷ 8 centimetri di diametro. Quando la profondità a cui si deve spingere le perforazioni è maggiore di quindici metri, e con essa il diametro del foro, è necessario avvolgere il capo della fune sopra un verricello per rendere facile il sollevamento della sonda. La fune viene mantenuta tesa e quindi aderente al verricello da un operaio, il quale l'allenta al comando del capo perforatore; la fune striscia allora sul tamburo del verricello e lo scalpello, cadendo, colpisce così il suolo.

Oltre i 30 metri conviene adoprare, anzichè un semplice verricello colle manovelle montate sull'asse del tamburo, un verricello ad ingranaggio o differenziale, nel quale cioè le manovelle comandano un pignone che ingrana con una dentiera solidale al tamburo d'avvolgimento. Il pignone è combinato in modo da sfuggire dalla dentiera automaticamente quando si arresta il sollevamento dell'asta; questa ricade quindi pel proprio peso su sè stessa, colpendo collo scalpello il fondo nel foro in via d'affondamento. Talvolta il pignone è comandato, negli apparecchi più perfezionati, da un giunto, che non obbligando l'arresto delle manovelle al termine di ogni sollevamento dell'asta, rende le manovre più spedite e la perforazione quindi più rapida. Con questo sistema si possono comodamente spingere le perforazioni a 80 ÷ 100 metri di profondità con 6 uomini, di cui uno è addetto a far rotare l'asta su sè stessa.

La pulitura del sondaggio si compie sempre colla campana.

Con questi sistemi, a seconda delle difficoltà che presentano i terreni, le perforazioni possono costare da 15 a 30 lire il metro per profondità maggiori di 30 metri e fino a 80 metri.

Un apparecchio completo di perforazione per fori di 15 cent. di diametro costa circa 2500 lire.

Per profondità maggiori si abbandona la puleggia collocata sopra la capra per sostenere le aste e lo scalpello, e si adotta invece un bilanciere. La capra allora ha maggior altezza che nei casi precedenti e prende il nome, nelle perforazioni petrolifere, di

derrick: essa sostiene superiormente ancora una o due puleggie ma una di queste serve alla manovra della campana per la pulitura del pozzo, e l'altra, quando c'è, s'impiega per facilitare e rendere rapida l'estrazione dell'asta dal pozzo che è costituita in questo caso da diversi elementi uniti assieme. Si hanno allora i sondaggi alla corda o con aste.

163. **Sondaggio colla corda.** — Quando i terreni sono solidi e la stratificazione è quasi orizzontale, si fa a meno, nella perforazione, delle aste rigide: lo scalpello è allora solidale ad una pesante asta cilindrica di ferro, lunga 10 ÷ 12 metri, sostenuta da una fune flessibile d'acciaio o di canape che sale fino al bilanciere, collocato all'orificio del pozzo ed al quale è fissato con una morsa ad una vite d'allungamento. Riesce così facile, agendo sulla vite d'allungamento, mantenere lo scalpello a contatto del terreno che deve incidere, mentre la rotazione dello scalpello è ottenuta colla torsione e la detorsione della corda stessa che lo sostiene.

Quando la vite d'allungamento è completamente entrata nella sua sede, essa viene riportata nella posizione iniziale mentre allentando le mascelle che stringono la fune, questa è allungata di un tratto corrispondente. Il movimento al bilanciere è dato meccanicamente. Per profondità non molto rilevanti s'impiega tuttavia il bilanciere a mano. La fig. 33 rappresenta una semplice disposizione per perforare a mano colla corda.

La pulitura del pozzo si compie colla solita campana, la quale però è in questo caso sostenuta da una fune speciale, che s'avvolge sopra un apposito tamburo. Quando occorre procedere alla pulitura del pozzo, si libera la corda che sostiene lo scalpello dal bilanciere, e questo lo si inclina onde rendere libera la verticale del pozzo: Per mezzo di una fune, che scende da una girella sostenuta dal derrick e che s'avvolge sopra un tamburo mosso meccanicamente, e collocato presso il derrick, la corda, che sostiene lo scalpello, è rapidamente estratta dal pozzo, nel quale s'abbassa invece la campana che deve provvedere alla raccolta del detrito.

Queste manovre riescono molto rapide e quindi economiche. La velocità di perforazione dipende naturalmente dalla durezza delle roccie che si incidono: Nei calcari teneri può raggiungere 15 metri al giorno. In China questo sistema di perforazione colla corda è usato da tempo assai antico ed i chinesi acquistarono particolare destrezza poichè aprirono con esso dei pozzi profondi più di 1000 metri; porta perciò anche il nome di *metodo chinese*. È questo metodo impiegato largamente negli Stati Uniti per ricerche

petrolifere ed anche a Baku, sopratutto perchè nei sondaggi per petrolio saliente, permette di togliere rapidamente lo scalpello dal pozzo al momento opportuno, quando cioè s'inizia il getto di petrolio. Il sondaggio alla corda è applicato in molti casi in grazia della sua semplicità. In Inghilterra fu perfezionato dal punto di vista meccanico specialmente dalla casa Mather e Platt e serve

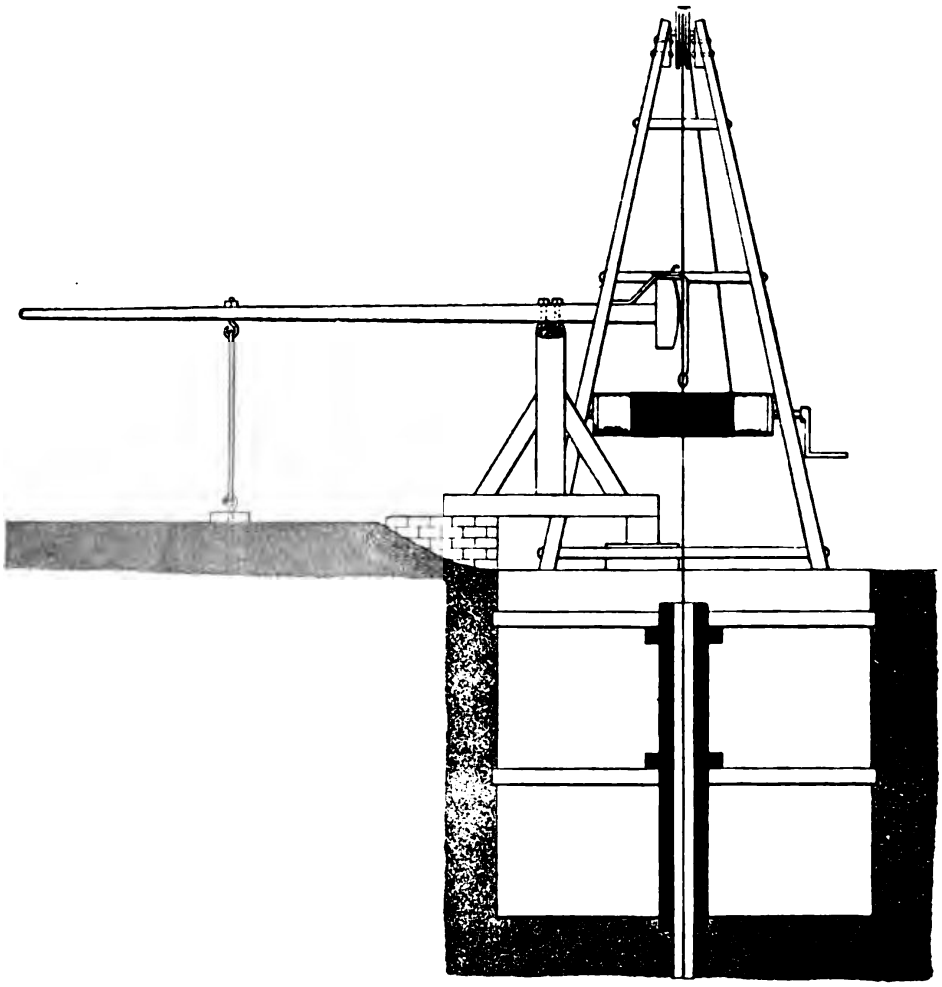


Fig. 33.

correntemente per perforazioni di 200 ÷ 300 metri di profondità; tuttavia queste disposizioni nuove rappresentano una complicazione per rispetto alle primitive per quanto esse mantengano il principale vantaggio del sistema, che è di tenere sospeso lo scalpello con un mezzo relativamente elastico quale la fune.

164. **Sondaggio con aste.** — Se i terreni non sono nè solidi, nè stratificati orizzontalmente, l'impiego del sondaggio chinese non è possibile per le frane che impigliano la fune e lo scalpello nel pozzo e per la facile deviazione dalla verticale che gli strati inclinati producono nel pozzo, rendendone assai difficile l'ulteriore approfondimento.

In tali casi si ricorre nella perforazione all'impiego delle aste rigide, le quali possono essere di ferro quadro, tubolari oppure di legno.

Le perforazioni profonde, condotte attraverso terreni difficili perchè poco resistenti ed a stratificazione tormentata, si praticano sovente col *metodo Canadese.*

Nel metodo canadese tipico gli elementi dell'asta sono di *pitch-pine*: inferiormente, nel pozzo, si trova lo scalpello che sta unito ad un'asta cilindrica, assai pesante, di ferro detta *sinker*, la quale a sua volta è congiunta coll'intermediario di un glifo o glissiera, alla lunga asta di pitch-pine composta di vari elementi, che scende dall'orificio del pozzo. L'asta è sostenuta per mezzo di una catena alla testa di un bilanciere di legno. Sopra il pozzo si eleva il *derrick*, grande capra in legno necessaria per le manovre d'estrazione e d'introduzione dell'asta nel pozzo in via d'affondazione: Il derrick canadese ha 18 metri d'altezza.

Le aste elementari che generalmente si impiegano in queste perforazioni, misurano $9 \div 12$ metri di lunghezza: esse sono di legno o talvolta anche di ferro. Se di legno, sono armate nel mezzo con due tegoli di lamiera per diminuire la tendenza ad inflettersi ed alle estremità portano maschi e chiocciole in ferro per avvitarle l'una all'altra. Queste armature estreme in ferro presentano una sezione quadrata particolarmente ristretta che può essere abbracciata da una chiave speciale, detta *chiave di ritenuta*, la quale, posando sul banco di manovra, sostiene quando occorre l'intero sistema delle aste che pendono nel pozzo.

Il sistema delle aste di legno è unito alla sbarra cilindrica di ferro detta *sinker*, e porta coll'intermediario del glifo lo scalpello. Questo glifo ha lo scopo di permettere una certa corsa al sistema delle aste dopochè lo scalpello si arresta per l'urto nel terreno. Il glifo nel sistema canadese è costituito da un ferro scanalato nel quale può scorrere verticalmente la testa, foggiata a bottone, del pezzo d'asta di ferro al quale s'avvita lo scalpello. Accade quindi che durante la caduta dell'asta nel pozzo, il bottone posa sull'estremo inferiore della scanalatura, ma quando lo scalpello

colpisce il terreno, il bottone scorre per un certo tratto nella scanalatura per il movimento delle aste, le quali possono così scendere per un certo tratto e precisamente per lo spazio percorso dal bottone nella scanalatura. Questo glifo, detto di Oeynhausen, è il più semplice. Con esso si vede che lo scalpello rimane solidale alle aste per tutta la sua caduta e cioè, fino a che colpisce il suolo. Talvolta si impiegano altri glifi, detti a *caduta libera:* nei sondaggi di piccolo diametro i più noti sono quelli Fabien e Arrault: Il glifo consiste sempre in una solcatura-guida nella quale scorre l'asta che porta lo scalpello, ma differisce dal precedente perchè per mezzo di una piegatura del solco o di un piccolo pezzo di ritenuta, il bottone resta sospeso alla parte superiore della solcatura e lungo essa al momento opportuno cade per colpire il suolo. L'asta nell'ulteriore sua discesa riprende col glifo lo scalpello che viene poi risollevato dall'asta stessa. Questi ultimi sistemi costituiscono specialità di alcuni perforatori ma non presentano notevoli vantaggi sul semplice glifo Oeynhausen descritto.

Lo scalpello è di ferro fibroso e presenta il tagliente acciaiato: Esso pesa da 40 a 80 chili, a seconda della sezione che presenta il pozzo, la quale, nelle ordinarie perforazioni, non supera 60 centimetri di diametro.

L'asta è sostenuta superiormente per mezzo di un gancio che ne permette la rotazione su sè stessa, alla catena del bilanciere. La catena scende dalla testa del bilanciere ed una riserva è avvolta sopra un piccolo tamburo portato dal bilanciere stesso.

Nella fig. 34 si osserva un tratto dell' avanpozzo armato di tavole, che si apre nelle perforazioni profonde per facilitare le manovre. Questo avanpozzo, profondo $6 \div 8$ metri, è chiuso superiormente dall'intavolato, sul quale posa il *banco di manovra*, munito di un foro, in corrispondenza della verticale del pozzo, per il passaggio dell'asta del sondaggio che è sospesa alla testa del bilanciere: Come si vede nella figura da esso scende sulla verticale del pozzo la catena che sostiene le aste: essa può svolgersi maglia per maglia dal tamburo che si trova sul bilanciere e che è fissato di posizione da un nottolino. Così si mantiene lo scalpello a contatto del fondo del pozzo, e quando la catena si è svolta per un certo tratto, si allunga l'asta principale aggiungendo un assortimento di corte aste elementari, finchè si arriva a sostituire un'asta normale di nove metri, la quale rimane definitivamente nel pozzo.

Il movimento al bilanciere è dato da una biella di legno, mossa da una manovella calettata sul tamburo che, per mezzo di una cinghia, riceve movimento dal motore.

La testa del bilanciere che porta l'asta compie così delle escursioni verticali di 30 ÷ 40 centimetri, ed il sistema può battere 60 ÷ 70 colpi al minuto primo. È evidente che, trattandosi di perforazioni molto profonde, ove lo scalpello fosse solidale all'asta senza l'intermediario del glifo, la rilevante forza viva del sistema ad ogni discesa dell'asta, che corrisponde ad una caduta dell'asta nel pozzo in affondamento, s'annullerebbe solo in parte disgregando il terreno: la rimanente parte dovrebbe consumarsi in tensioni interne dell'asta con deformazioni elastiche che produrrebbero *colpi di frusta* violenti sulle pareti del pozzo, oppure che potrebbero causare la rottura dell'asta. Lo scalpello, invece, nel colpire il terreno, non trasmette l'urto alle aste, ma queste continuano la loro corsa mercè il glifo, mentre la forza viva che possiedono si spegne gradatamente per effetto di un con-



Fig. 34.

trappeso che entra allora in gioco sul bilanciere. — È facile calcolare, dati gli elementi del sistema, il peso che deve avere il contrappeso perchè, sollevandosi dell'altezza corrispondente alla corsa residuale delle aste dopo che lo scalpello ha colpito il suolo,

assorba interamente la forza viva posseduta dalle aste che cadono nel pozzo.

Supponiamo il bilanciere $A\,C$ fulcrato in B; se chiamiamo con $P+Q$ il peso delle aste e dello scalpello col *sinker*, con S il peso del contrappeso e con a e b i bracci del bilanciere, detta d la corsa delle aste prima che lo scalpello tocchi il terreno, ed e la corsa residuale delle aste dopo l'urto, avremo, per la similitudine dei triangoli $A\,A''\,B$ e $B\,C\,C''$ della schematica figura 35, che il contrappeso S avrà percorso lo spazio $\frac{d+e}{a}\,b$. Supposto la leva $A\,B$ equilibrata, e cioè col baricentro in B e rigida, l'equazione del lavoro sarà:

$$P\,(e+d)+Q\,d-S\frac{d+e}{a}\,b-L_r=o$$

dove L_r è il lavoro di attrito nel perno B, da valutarsi in base alla pressione media di $P+Q+S$ e $P+S$, al raggio del perno ed al coefficiente d'attrito secondo la lubrificazione: S quindi si può ricavare.

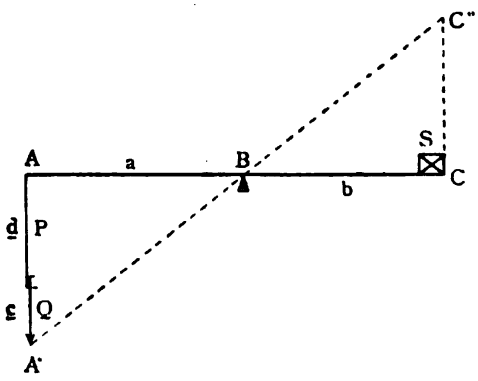


Fig. 35.

165. Quando si deve procedere al sollevamento dello scalpello ritirando dal pozzo l'asta, che può essere lunga più centinaia di metri, o per cambiare lo scalpello o per sostituirgli la campana destinata alla pulitura del pozzo o per qualunque altro motivo, si libera il bilanciere dalla biella e lo si raddrizza alquanto, in guisa da toglierlo dalla verticale del pozzo. Dalla sommità del derrick, prendono due funi, sostenute da puleggie (fig. 34); una porta all'estremo un pesante gancio bipartito, detto perciò *zampa di bue*, mentre va ad avvolgersi sopra un tamburo collocato superiormente a quello che dà movimento al bilanciere e che riceve direttamente moto dal motore. Questi due tamburi sono abbracciati da una cinghia lenta, che può però mettersi in tensione coll'aiuto del rullo tenditore rappresentato nella figura. Allentando convenientemente detta cinghia si può rendere folle il tamburo superiore, per cui

la fune si svolgerà sotto l'azione del peso della zampa di bue, e questa scenderà all'altezza del banco di manovra. Fra le due zanne del gancio si introduce allora la testa ferrata dell'asta sporgente sul pozzo, e mettendo in tensione la cinghia, la fune si avvolgerà sul tamburo, sollevando l'asta principale in modo che una delle aste elementari che la compongono abbia interamente da uscire dal pozzo.

Per mezzo della *chiave di ritenuta* si sostiene allora l'asta principale che pende nel pozzo sul banco di manovra, mentre si svita e si toglie l'asta elementare uscita dal pozzo. Sollevando quindi il rullo tenditore dalla cinghia di trasmissione, il tamburo che avvolge la fune ridiviene folle e la zampa di bue si abbassa ad afferrare nuovamente l'asta principale al capo che sporge dal banco di manovra.

Ripetendo l'operazione già descritta, si toglie dall'asta un nuovo elemento e così via. In questo modo, disfacendo elemento per elemento l'asta principale, si arriva ben presto a toglierla completamente dal pozzo, portando a giorno lo scalpello o la campana che essa sorreggeva.

Qualora si debba abbassare nuovamente nel pozzo lo scalpello o la campana od altro utensile, si ricostituisce, operando in modo analogo, l'asta principale, addizionando cioè ad ogni manovra alla stessa una nuova asta elementare che per mezzo del solito gancio viene abbassata nel pozzo.

Quando lo scalpello è portato a contatto del terreno da incidere, mettendo in movimento il bilanciere e quindi l'asta, esso batte sul fondo del pozzo, provocando il disgregamento della roccia, e perchè l'incisione avvenga regolarmente su tutta la superficie del foro, gli operai che attendono alla perforazione hanno cura di far rotare di un certo angolo ad ogni colpo l'asta e così variare l'orientamento dello scalpello.

Quando si deve procedere alla pulitura del pozzo, serve una campana costrutta al solito modo e costituita, cioè, da un lungo tubo chiuso inferiormente da una valvola, che si abbassa sul fondo del pozzo per mezzo della solita asta: essa, battendo ripetutamente sul fondo del pozzo, ne raccoglie il detrito, che è poi portato a giorno colla campana. Nei pozzi profondi oltre $300 \div 400$ metri serve generalmente per la manovra una fune distinta, che s'avvolge sopra uno speciale tamburo in relazione a quello motore. Dovendosi procedere alla pulitura del sondaggio, si ritira l'asta coi relativi accessori e nel pozzo così reso libero, si abbassa la campana

sostenuta dalla fune. Le manovre allora si compiono rapidamente e ciò riesce particolarmente vantaggioso per profondità rilevanti, perchè si deve abbassare più volte la campana sul fondo del pozzo per conseguirne la completa pulitura.

166. Nel sistema canadese un gruppo di leve permette al capo perforatore, che si trova davanti al banco di manovra, di comandare i tamburi d'avvolgimento delle funi, di frenare la discesa della campana o della zampa di bue e di regolare infine la velocità del motore.

Questo è generalmente una locomobile di 8 ÷ 10 cavalli di forza, posta fuori del derrick a qualche metro di distanza. Se dal pozzo di perforazione o da altri pozzi vicini si sviluppano degli idrocarburi questi sovente servono per alimentare il focolare della locomobile. Nella fig. 36 è rappresentata una semplice disposizione usata nell'Appennino. L'acqua con gas e petrolio che esce dal pozzo, è captata ed inviata in un recipiente di lamiera munito di una piccola valvola per l'eventuale sfogo del gas quando è in eccesso. Il gas che si raccoglie alla parte superiore del recipiente, è condottato nel focolare della locomobile, dove si incendia. Nel recipiente di lamiera il petrolio per minore densità galleggia sull'acqua. Esso è tratto tratto mandato nella tina di raccolta che si vede in figura.

In alcune installazioni moderne di pozzi profondi si impiegano vantaggiosamente i motori a gas: nelle perforazioni di Rumania sovente il motore è elettrico e riceve la corrente da stazioni generatrici lontane che alimentano gruppi di miniere.

167. Praticato il pozzo è molte volte necessario di sostenerne le pareti franose, od isolarlo dalle venute di acque superiori, le quali immettendosi ad es. in un pozzo petrolifero possono isterilirlo. Si affonda allora nel pozzo durante la perforazione una colonna di tubi di ferro composta di elementi che si avvitano l'un l'altro a manicotto, oppure che si inchiodano, l'uno all' altro se sono sottili. Queste tubazioni servono per rivestire specialmente i tratti del pozzo con colonne perdute; si abbassa cioè, nel tratto che si deve rivestire, una colonna di tubi che è poi abbandonata: invece si rivestono i pozzi di diametro superiore a 30 cent. con colonne di tubi a congiunzioni a vite. Queste colonne destinate a seguire l'approfondimento del pozzo devono essere giornalmente mantenute in movimento per impedire che vengano strette ed imprigionate fra le pareti franose del pozzo. Talvolta però accade che, malgrado tale precauzione, una colonna si rifiuti di scendere

ulteriormente ed allora si è costretti, sacrificando qualche centimetro del diametro iniziale del foro, di abbassare entro la prima una seconda colonna per continuare il rivestimento. Nei pozzi molto profondi che richiedono tubazioni, si devono in generale affondare più colonne, una entro l'altra a cannocchiale, per cui la sezione del pozzo riesce ogni volta ridotta di un pollice. È perciò mestieri, nei casi che le perforazioni debbono spingersi profondamente, cominciare il pozzo con diametri di 40 ÷ 50 centimetri per assicurare in profondità un diametro sufficiente al sondaggio e per collocare eventualmente la pompa.

Vi sono delle particolari disposizioni per affondare queste colonne di tubi, che devono vincere la resistenza offerta dal terreno: serve sovente lo stesso bilanciere, facendolo agire come una massa percotente dall'alto verso il basso: altre volte si installano invece delle presse idrauliche, ecc.

Quando il pozzo attraversa più orizzonti petroliferi, si lasciano in corrispondenza di essi dei tubi a pareti forate, perchè possa gemere il petrolio.

Talvolta durante il rivestimento del pozzo colle tubazioni, è necessario ingrandirne la sezione sotto i tubi ed allora s'impiegano degli scalpelli spe-

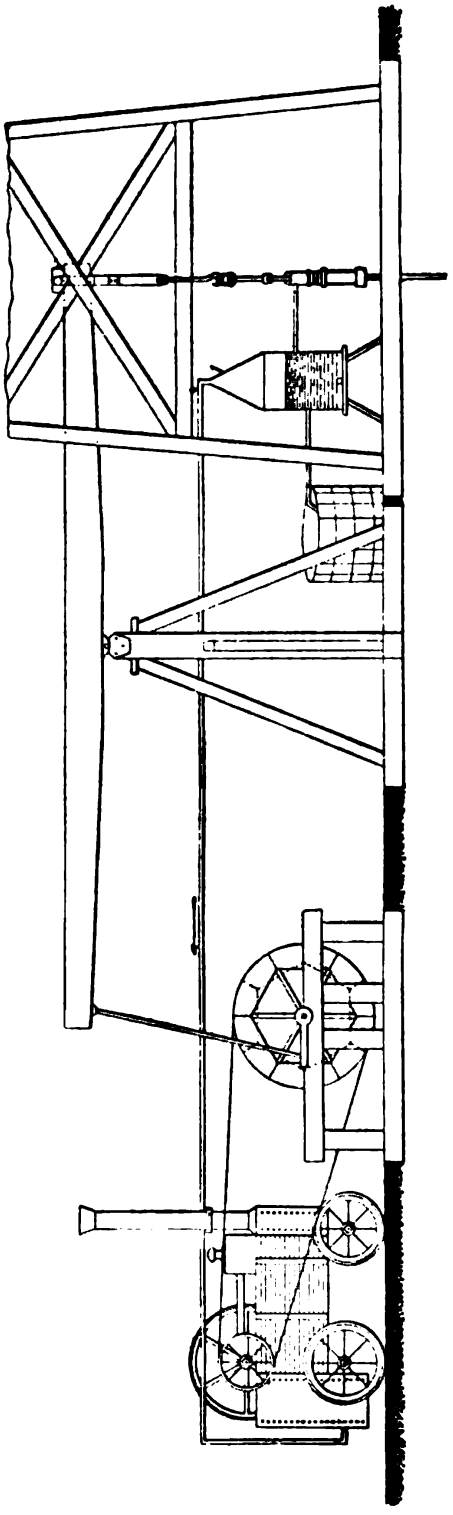


Fig. 36.

ciali ad alette, che si eclissano: così si porta l'utensile sotto i tubi, dove vien fatto ruotare su sè stesso, mentre da apposite molle sono spinte le alette contro le pareti del pozzo. Questi apparecchi si dicono *allargatori*.

Occorrendo talvolta di estrarre dai pozzi colonne di tubi state affondate, esse sono tirate per mezzo di paranchi o se presentano grande resistenza, coll'aiuto del bilanciere che agisce dando colpi dal basso verso l'alto. Per afferrare la tubazione in profondità, si può ad es., abbassare nel tubo un maschio conico di legno; su esso si fa cadere del pietrisco che insinuandosi fra la superficie cilindrica del tubo e la parete conica del maschio, determina una forte aderenza fra il maschio e il tubo, e permette il sollevamento di quest'ultimo sotto gli sforzi che s'imprimono alla fune o all'asta che sorregge il maschio di legno. — Dovendosi invece talvolta tagliare la colonna di tubi ad una data profondità per ricuperarne la parte superiore, si usano utensili speciali, che si abbassano nel tubo senza difficoltà ma che, al momento opportuno girandoli in un dato verso, lasciano sporgere delle punte d'acciaio che incidono il tubo.

168. Gli accidenti che accadono durante le perforazioni sono numerosi: fra i più comuni si contano le cadute di oggetti nel pozzo, la rottura degli utensili o delle aste che servono alla perforazione. Le misure di precauzione per evitare questi accidenti devono essere scrupolosamente adottate, poichè la caduta di un oggetto di ferro o la rottura dello scalpello, delle aste, o di una campana nel pozzo, può arrestarne la perforazione per dei mesi.

È appunto nell'evitare dapprima e nel provvedere poi agli inconvenienti che nascono durante le perforazioni, che si manifesta specialmente l'abilità del perforatore, ed è in questo campo che esso deve sviluppare un certo acume inventivo per provvedere gli ordigni necessari per liberare il pozzo in affondazione dagli oggetti che eventualmente lo ostruiscono.

Così, ad esempio, nel caso di rotture di aste in legno, per ripescare il tronco rimasto nel pozzo, occorrono delle campane coniche, filettate a tagliente all'interno, o dei grossi tiraborra, ecc. Analogamente s'impiegano tenaglie speciali per riprendere i pezzi metallici caduti, o che si ruppero sul fondo del pozzo, e per riuscirvi speditamente è buona regola avere i disegni di tutti gli utensili che servono alla perforazione con numeri corrispondenti, in guisa di poter subito accertare quello caduto nel pozzo. Se ne rileva la posizione sul fondo, abbassando un pane di argilla pla-

stica o di cera, e conosciuta così coll'impronta la posizione in cui giace, si studierà il mezzo più opportuno per ritirarlo. Talvolta, malgrado tutti gli sforzi, non s'arriva a liberare la sezione del pozzo dal pezzo che lo ingombra, ed allora è necessario distruggere l'utensile sul posto o con un paziente lavoro mediante robusti scalpelli d'acciaio, o colla lenta azione di un acido corrosivo o infine, cercando di spostare lateralmente l'ostruzione con una carica di dinamite.

Le perforazioni profonde vanno condotte con continua sorveglianza per evitare le deviazioni dalla verticalità e prevenire, per quanto è possibile, gli accidenti.

Quando si compiono perforazioni in terreni che contengono degli idrocarburi, si devono osservare particolari precauzioni per evitare sinistri; specialmente si devono escludere i lumi a fiamma nuda, la macchina con focolare, od elettriche con spazzole che possono dare scintillazioni: sarà pure prudente mantenere il derrick senza rivestimento di tavole in modo da favorire il passaggio dell'aria.

169. Recentemente furono proposti parecchi sistemi rapidi di perforazione. Essi realizzano un grande numero di piccole cadute dello scalpello, invece delle cadute relativamente grandi del sistema Canadese. Lo scalpello, reso solidale colle aste, si muove rapidamente; le aste sono costituite di tubi in ferro e permettono l'iniezione di acqua sul fondo del foro; questa, risalendo esternamente al tubo, trascina alla superficie il detrito e provvede in tal modo alla pulitura del pozzo in affondazione.

In realtà l'idea di provvedere alla evacuazione del detrito per mezzo di una corrente ascensionale d'acqua, fu applicata fin dal 1846 nel sistema Fauvelle, nel quale appunto si iniettava per mezzo dell'asta tubolare dell'acqua sotto pressione sul fondo del pozzo in via di approfondimento. Il tentativo rimase però isolato e non ebbe successo per la grande quantità d'acqua che richiedeva.

I nuovi sistemi ad iniezione d'acqua, sopprimendo la pulitura del pozzo con la campana, rendono evidentemente la perforazione più spedita: inoltre richiedono diametri di perforazione più piccoli rispetto a quelli necessari nel sistema ad aste piene, e siccome l'incisione della roccia si ottiene con cadute assai brevi e ripetute dello scalpello, è inutile il sinker e riescono meno frequenti gli accidenti durante la perforazione. Lo scalpello perforatore in questi sistemi è bucato longitudinalmente per permettere il passaggio dell'acqua; questa è spinta nell'asta tubulare con un tubo

flessibile da una pompa comprimente posta alla superficie. A questi sistemi con iniezione d'acqua nelle ricerche petrolifere i pratici imputano di mascherare soventi le venute d'olio, chiudendo quasi il pozzo in affondazione con una guaina di limo argilloso.

Due sistemi di perforazione rapida sono fra i più noti benchè essi siano divenuti numerosi in questi ultimi anni. Uno è il sistema Raky e l'altro il Fauk della casa Traulz di Vienna.

170. Nel sistema Raky sotto il solito derrick si trovano due motori, uno destinato alla pompa d'acqua e l'altro al meccanismo di perforazione. Questo differisce dal sistema canadese principalmente pel sistema di appoggio del bilanciere, il quale mediante due tiranti ed una traversa riposa sopra un sistema di 30 ÷ 40 robuste molle d'acciaio. Il bilanciere è contrappesato da una parte, e dall'altra sostiene il sistema delle aste di perforazione, costituite da tubi di ferro senza saldatura, lunghi circa 5 m. ciascuno. Il bilanciere riceve, come nel sistema canadese, il movimento mediante una biella da una manovella motrice. Le cadute sono di 8 ÷ 10 cent. d'ampiezza e l'apparecchio può battere da 80 a 120 colpi al minuto.

Per mantenere durante la perforazione lo scalpello perforatore — che è un robusto scalpello di forma corta, munito di orecchie taglienti coi fori d'uscita dell'acqua — a contatto del terreno da incidere, si ha un organo particolare che permette la discesa delle aste. Esso consiste in due collari di ritenuta, di cui uno, infilato nell'asta e reso solidale ad essa, posa sul bilanciere mentre sostiene coll'intermediario di molle un secondo collare, che può pure calettarsi, mediante viti, all'asta. Quando si vuol far scendere il sistema delle aste, p. es., di un centimetro, si allenta il collare inferiore: l'asta pel proprio peso discende, comprimendo le molle; si fissa allora il collare inferiore all'asta mentre si allentano le viti del collare superiore, che s'alzerà per l'estensione delle molle. Basterà allora fissare nuovamente il collare superiore all'asta e render libero quello inferiore per far nuovamente scendere l'asta tubulare dell'altezza corrispondente alla compressione che subiscono le molle. — Alla sommità del derrick, al luogo della solita puleggia pel sollevamento dell'asta, si ha nel sistema Raky una taglia differenziale.

Il sistema Raky in molti casi ha dato ottimi risultati. Così in Alsazia ha permesso avanzamenti orari nel calcare di oltre un metro a 400 m. di profondità. A Bruay un pozzo di 100 metri fu perforato in 24 ore.

171. Nel sistema Fauck della Casa Traulz di Vienna — il Fauck ha anche un sistema con bilanciere tenuto da molle — il movimento dell'asta tubolare ed il progressivo suo abbassamento è ottenuto elegantemente col movimento di va e vieni del tamburo *A* (fig. 37) su cui è avvolta la fune. Dalla puleggia motrice *R*, per mezzo dell'albero a gomito *K*, e della biella *E*, il movimento viene trasmesso al tamburo *A:* L'albero *W* del tamburo ha alle sue estremità delle slitte *F*, per cui viene impedita ogni azione laterale durante il movimento. La corda *S* da un lato porta il sistema delle aste, passa poscia sopra una puleggia di rimando, abbraccia la puleggia *F* e dopo esser passata sopra una seconda puleggia di rimando, si avvolge in riserva sopra un tamburo comandato dall'imbocco a vite perpetua *N*. Per alleggerire il motore, quando la profondità della perforazione aumenta, si applicano appositi contrappesi *G*, o convenienti molle a tensione regolabile, in modo da controbilanciare in parte il peso degli utensili perforatori. Il cambiamento del senso della rotazione del tamburo si ottiene senza bisogno di invertire la marcia del motore, e ciò costituisce un risparmio di tempo nel cambio degli utensili.

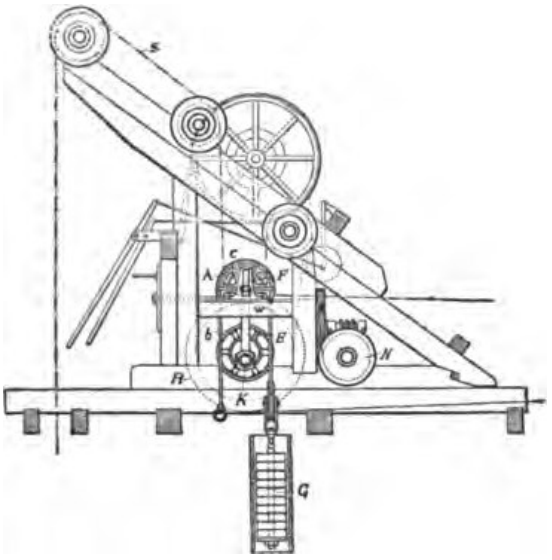


Fig. 37.

Questo sistema presenta il vantaggio di essere rapido (180 ÷ 200 colpi al minuto se v'ha iniezione d'acqua, e 50 ÷ 60 colpi al minuto per le forature a secco), d'essere applicabile a perforazioni d'ogni diametro, di poter sempre regolare esattamente il contatto tra l'utensile ed il fondo del pozzo che si sta perforando coll'allentare il tamburo *N*.

Nelle perforazioni spinte fino a 1000 metri in strati di carbone, di minerali, di sale, di petrolio ecc., il rendimento medio fu di $1^m \div 1^m,20$ d'avanzamento per ora; il rendimento massimo in sottosuoli teneri fu di 15 metri all'ora, ed il minimo di $0^m,10 \div 0^m,20$ in quelli più duri.

Il movimento di rotazione dell'asta, necessario perchè lo scalpello incida regolarmente tutta la sezione del pozzo, è ottenuto in questi metodi ad aste tubulari a mano, con una chiave, e siccome l'asta è superiormente solidale al bilanciere od al sistema funicolare, e si trova collegata per mezzo del tubo di caoutchouc alla pompa premente, esiste sotto l'attacco di detto tubo un giunto speciale che permette la rotazione dell'asta indipendentemente dal tratto superiore, che rimane quindi fisso di posizione. Questo giunto per diminuire l'attrito è generalmente munito di sferette d'acciaio.

172. I sondaggi ottenuti col metodo canadese costano in terreni ordinari della Galizia circa 70 lire per i primi 300 metri e 100 lire per i successivi, per profondità che arrivano a 600 ÷ 700 metri. Da noi nel Piacentino, ove vi sono abili perforatori, i pozzi petroliferi costano da L. 100 a L. 120 il metro comprese le tubazioni.

Coi metodi rapidi ad iniezione d'acqua, se i terreni sono favorevoli, le perforazioni costano meno. Questi ultimi metodi però richiedono un forte consumo di acqua. Soventi nelle ricerche petrolifere si accoppia il metodo di perforazione con iniezione d'acqua al metodo di perforazione a secco, e parecchi sistemi permettono di realizzare con semplicità questo cambiamento quando s'incontrano le manifestazioni petrolifere.

173. *Metodo Wolsky*. — Questo metodo di sondaggio differisce essenzialmente dai precedenti ed analoghi. Esso fu sperimentato con successo in Galizia e nel Caucaso: è a corrente d'acqua, ma l'acqua serve anche per trasmettere il movimento allo scalpello. Questo è sostenuto a qualche altezza dal suolo per mezzo di una robusta molla a spirale, che appoggia inferiormente sopra un collare solidale ai tubi che costituiscono la solita asta tubulare, la quale però rimane fissa. Una valvola a molla è collocata alla parte superiore della spirale elastica che sostiene lo scalpello: essa occupa interamente la sezione del tubo. L'acqua, spinta dalla solita pompa nell'asta tubulare, scende attraverso la valvola, sfugge in prossimità allo scalpello e rimontando esternamente al tubo, convoglia alla superficie il detrito. Ma appena la corrente d'acqua ha assunto una certa velocità, la forza viva riesce tale che vince la resistenza della molla che mantiene aperta la valvola: questa quindi si chiude e la corrente d'acqua, bruscamente arrestandosi, dà per un particolare dispositivo un colpo d'ariete sopra lo scalpello. Ma immediatamente si verifica che un'onda risale lungo il tubo, riapre la valvola, e va a spegnersi in un serbatoio d'aria superiore. Appena la valvola si è riaperta lo stesso gioco si ripro-

duce. Questo sistema è molto veloce e pare abbia servito con successo per profondità maggiori di 900 metri.

Oltre i sistemi accennati, ve ne sono altri che si impiegano nelle perforazioni a percussioni rapide: citiamo quelli di Vogt, Verbunt, ecc. e per la sua particolarità quello ad aria compressa Muller, che si dice esperimentato a Bakou.

174. Quando il petrolio non è saliente dai pozzi o quando questi dopo un certo periodo di salienza perdettero tale carattere, è mestieri provvedere ad innalzare il petrolio per mezzo di pompe speciali. I pozzi entrano allora in pompamento. Le pompe che si abbassano nei pozzi, sono aspiranti e sollevanti di assai semplice fattura. Il diametro è ristretto ai pochi centimetri che misura il pozzo dove deve collocarsi la pompa: Questa viene azionata per mezzo di aste o per mezzo di una fune, e all'orificio del pozzo si trova installato un bilanciere motore. In generale vi sono in una miniera più pozzi in pompamento ed i diversi bilancieri sono quindi posti in relazione fra loro mediante funi, le quali sono comandate da un'unica fune principale. Il movimento viene così trasmesso a tutti i pozzi contemporaneamente.

Quando la pompa aspira col petrolio della sabbia, questa tende a consumare il corpo della pompa e perciò furono proposti molti tipi di pompe con cilindri di acciaio, di vetro ecc., per eliminare l'inconveniente. In qualche caso si provarono gli emulsori ad aria.

175. **Sondaggi al diamante.** — L'applicazione dei diamanti all'incisione delle roccie pare sia dovuta all'orologiaio svizzero Leschot che nel 1867 pensò di fare una perforatrice a diamanti.

Il procedimento si diffuse e si perfezionò specialmente negli Stati Uniti, ma per sonde potenti, come pure anche per piccole sonde mosse a braccia per l'esplorazione delle roccie laterali nelle gallerie delle miniere.

Il principio della perforazione al diamante è il seguente: sopra una corona d'acciaio si incastonano dei diamanti molto duri, distribuendoli in modo che ruotando la corona attorno al proprio centro, essi abbiano a coprirne l'intera superficie. A questa corona, cui si dà il nome comune di *bit*, fa seguito un tubo di diametro interno alquanto maggiore del diametro anulare della corona, il quale dopo $5 \div 6$ metri si restringe: ad esso ne fanno poi seguito altri di diametro minore, che s'avvitano l'uno all'altro e che costituiscono l'asta che giunge alla superficie del suolo. Imprimendo alla corona un rapido movimento di rotazione e mantenendola contro il terreno, si ottiene la perforazione del pozzo.

All'interno del *bit* si eleva un maschio della roccia, che poi

rompendosi, rimane nel tubo che fa seguito alla corona. Per evitare che per l'attrito la corona abbia a scaldarsi eccessivamente, essa porta lateralmente delle solcature: spingendo con una pompa dell'acqua all'interno dei tubi, essa passa nelle solcature e raffredda la corona: di più l'acqua, risalendo esternamente al tubo lungo il foro, asporta il detrito che si produce durante la perforazione.

Il movimento di rotazione e di affondazione della corona è trasmesso per mezzo dei tubi, da una macchina collocata alla superficie. Vi sono numerosi tipi di macchine per questo genere di perforazione: Quella rappresentata nella fig. 38 è costrutta dalla Bullock C. di Chicago ed è mossa con aria compressa o con vapore: essa dà per mezzo d'ingranaggi il movimento di rotazione alla sonda e ad un verricello che serve, coll'aiuto di un derrick, per l'estrazione dell'asta tubulare dal pozzo. La sonda può rotare a tre velocità differenti con semplice manovra di due leve; così riesce possibile far variare la velocità della corona secondo la durezza delle roccie che si debbono attraversare: un manometro segna la pressione che esercita la corona contro il fondo del pozzo. Il gruppo che porta la sonda è montato in modo di poterlo spostare dal rimanente meccanismo per permettere le visite, e di potere inclinare la sonda quando occorre praticare dei fori inclinati.

176. Il diametro dei fori che si praticano colla perforazione al diamante varia da cent. 3 a 20 cent. In Europa si preferiscono i diametri maggiori dando alla corona $10 \div 15$ centimetri di diametro: in America si preferiscono invece diametri minori di 12 cent.

Una corona riceve abitualmente da 8 a 10 diametri neri del Brasile del peso di circa due carati l'uno (8 grammi), oppure un numero maggiore di peso minore.

Vi sono parecchi metodi per incastonare i diamanti alla corona ma nessuno è perfetto: l'operazione naturalmente ha grande importanza, sia pel costo che hanno ora assunto i diamanti neri, prima quasi disprezzati, sia perchè se un diamante si perde nel foro e non lo si può ricuperare, esso produce un lavoro dannoso, deteriorando la sonda.

La velocità di rotazione di una sonda al diamante varia da 300 a 1300 giri: l'avanzamento dipende dalla durezza delle roccie che si attraversano.

Il sondaggio al diamante si è specialmente sviluppato in America e nell'Africa del Sud dove si perforano correntemente pozzi di 1000 metri di profondità per ricerche aurifere.

I sondaggi al diamante costano relativamente poco per mano

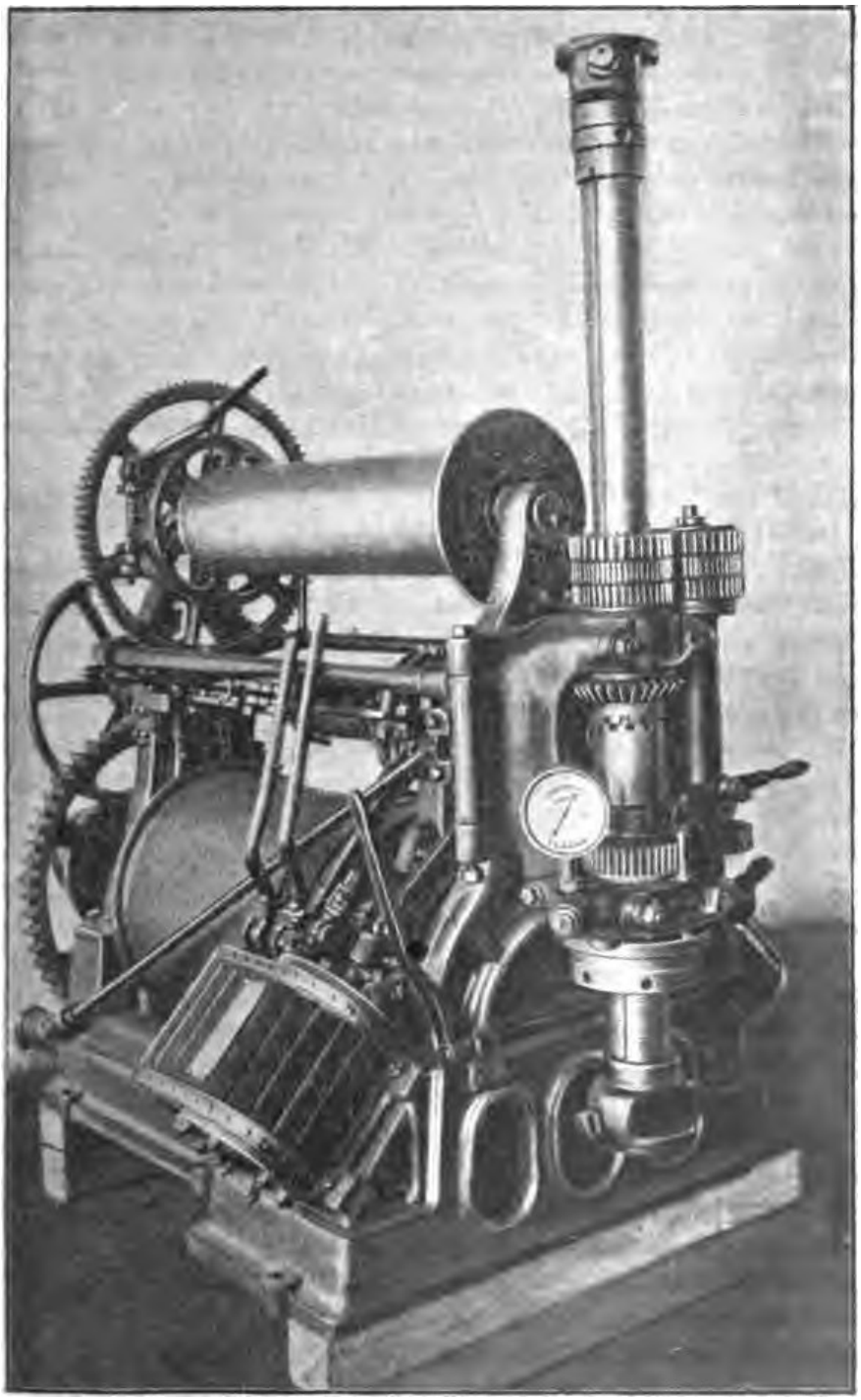


Fig. 38.

d'opera e per forza motrice. Uno stesso apparecchio può servire per aprire buon numero di sondaggi, e sovente è preso in affitto. La spesa principale della perforazione è data dal consumo e dalle perdite inevitabili dei diamanti.

Il lavoro al diamante riesce sempre spedito e nelle roccie dure è più rapido di qualunque altro sistema di perforazione: si può contare sopra avanzamenti di 5 metri al giorno in roccie dure.

177. Alcuni inventori, fra cui il Koebrich, combinarono il sistema di perforazione a percussione con cadute rapide con quello al diamante, in modo da potersi rapidamente sostituire l'uno all'altro, secondo la durezza dei terreni che si debbono perforare. Questi sistemi misti sono adoperati correntemente nel Belgio ed in Vestfaglia per la ricerca degli strati di carbone. In Slesia con questo sistema misto fu aperto un pozzo di 2000 metri con una spesa di sole 50 lire al metro e con un approfondimento medio di 5 metri al giorno.

Siccome poi le perforazioni al diamante col *bit* pieno progrediscono più rapidamente di quelle col *bit* anulare, che domandano le manovre per l'estrazione dei testimoni dei terreni attraversati, negli Stati Uniti si impiega sovente il *bit* pieno per attraversare i terreni sterili ed avvicinarsi così rapidamente al giacimento, quando la sua posizione è pressochè nota; si applica poscia il *bit* a corona per attraversare i terreni che interessa di riconoscere. Il *bit* pieno è guarnito di diamanti sull' intera superficie, ed è attraversato da fori per l'efflusso dell'acqua sul fondo del sondaggio.

178. I sondaggi al diamante servono esclusivamente per ricerche minerarie o geologiche.

I sondaggi per percussione possono pure servire per ricerche di tale natura, ma l'esame dei fanghi è generalmente difficile; inoltre riesce faticoso prendere sul fondo dei pozzi dei testimoni delle formazioni che si attraversano, per poter giudicare l'andamento degli strati. Occorrono, per ciò fare, degli strumenti speciali detti *stratimetri*.

Questi strumenti sono fondati sul principio di immobilizzare, con un movimento d'orologeria a scatto, l'ago di una bussola, dopochè viene posata sul pezzo di roccia che costituisce il fondo del pozzo e che è stato lateralmente distaccato dalla sua sede mediante il lavoro di uno scalpello speciale. Sotto la bussola vi è uno stampo di gomma, che intinto in inchiostro grasso, lascia l'impronta sulla roccia sottostante della linea di fede della bussola. È evidente che staccando e ritirando poscia dal fondo del pozzo il pezzo di roccia che ha ricevuto l'impronta, lo si potrà orientare e riconoscere così l'andamento dello strato profondo da cui esso proviene.

CAPITOLO V.

Arnesi da minatore ed esplosivi

Arnesi da minatore. — Piccone - Pala - Punte - Cunei - Fioretti - Barramine - Mazzette - Mazze - Pulizia degli arnesi.
Esplosivi. — Polvere nera - Nitroglicerina - Dinamiti - Esplosivi diversi - Mine a polvere nera - Mine a dinamite - Accensione elettrica - Forza degli esplosivi - Esplosivi di sicurezza.

Premetteremo dapprima la descrizione degli strumenti che servono per l'abbattimento delle roccie, e daremo poscia un cenno degli esplosivi che oggi servono largamente al minatore nei suoi lavori.

Tratteremo in seguito dell'abbattimento delle roccie nei lavori minerari, con particolare riguardo a quegli apparecchi meccanici che si impiegano nelle miniere.

179. **Arnesi da minatore.** — Il minatore si serve nel suo lavoro a mano di pochi arnesi: sono questi i *picconi,* le *pale,* le *mazze,* i *cunei* ed i *fioretti.*

Il *piccone* è lo strumento per eccellenza del cavatore di roccie tenere, del picconiere delle solfare e del minatore dei paesi carboniferi. È inoltre il piccone un arnese d'impiego generale, che si incontra in tutte le miniere: esso varia di dimensioni, di forma, di peso, secondo le abitudini locali, le roccie che si attaccano ed i cantieri che si lavorano.

Così nelle cave il piccone ha forma diversa a seconda che attacca roccie dure o tenere, o che si vuole smuovere semplicemente della roccia, o romperla: Esso è nelle diverse lavorazioni più o meno arcuato e se ha una sol punta, la parte opposta è foggiata a *zappa* od a *mazza.*

Nei sottili strati di carbone, ove il minatore lavora coricato

sul fianco, il piccone pesa solo 900 grammi, mentre nelle cave all'aperto esso pesa 4 kg.: nelle miniere di carbone, quando il minatore lavora in modo relativamente comodo, il piccone pesa 1,5 ÷ 2 kg. Nella Sicilia i picconieri per estirpare lo zolfo usano dei picconi (fig. 39) che pesano 2 ÷ 2.5 chilogrammi.

In alcune miniere di Francia e di Germania s'introdussero picconi colle punte sostituibili: Ciò perchè nei lavori in vene dure, un solo piccone non basta al lavoro d'una giornata e sarebbe faticoso pel minatore portarne parecchi.

Nelle miniere il piccone serve anche a smuovere i massi pericolosi dalle pareti, e provocarne la caduta (*disgaggio*): esso è allora piuttosto grosso e corto, generalmente a punta da una parte ed a mazza dall'altra.

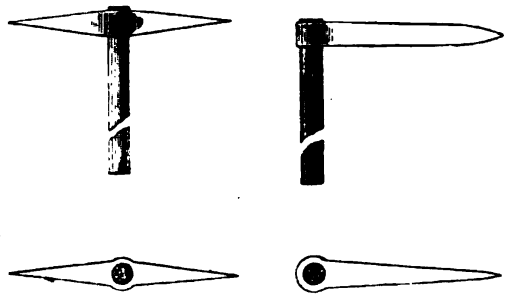


Fig. 39

Nelle miniere di carbone sono infine in uso picconi speciali, sottili, a manico piuttosto lungo, che servono per praticare i *sottoscavi* che facilitano l'abbattimento del carbone: questi picconi prendono nomi particolari nelle diverse contrade.

Il piccone ha sempre manico di legno diritto.

180. La *pala* serve a paleggiare le sostanze sciolte; talvolta, quando deve penetrare nel terreno, essa presenta un tagliente. La pala che si usa nelle miniere è munita di un manico di legno, lungo m. 1.50, talvolta ricurvo se si deve adoperare in cantieri di piccola altezza. La pala è più o meno curva ed ha la punta più o meno accuminata, a seconda della durezza delle roccie e della grossezza dei frantumi che si devono paleggiare.

Il manico del badile da terrazziere è più lungo di quello usato nei sotterranei e forma col piano della pala un angolo di circa 130°. La pala è sempre munita nella sua parte mediana di una nervatura per dare resistenza alla lastra d'acciaio.

La *marra* è usata per raccogliere il minerale minuto e per spianare i riporti di terra (ripiene), coi quali si colmano i vuoti delle coltivazioni e che servono poscia di piano di lavorazione.

La pala delle torbiere o *louchet* ha forma piana coi due lembi laterali però ricurvi ad angolo retto: essa è munita di tagliente

rettilineo e serve per tagliare la torba, maneggiandola come una vanga; all'uopo essa è munita di vangile.

I manici dei picconi, delle pale, ecc. dovrebbero essere di frassino o di salice. In alcune miniere si usano di sezione circolare, in altre invece elittica. Negli Stati Uniti i manici degli arnesi da minatore, assai bene studiati, sono foggiati con macchine speciali.

181. Gli antichi minatori usavano nelle miniere metallifere la *punteruola*, che era uno scalpello munito di occhio, nel quale potevasi infilare un manico di legno: Così si teneva la punteruola contro la roccia mentre si agiva sopra con un martello, distaccando la roccia a scheggie, con lavoro assai lento e faticoso.

Per alcune roccie riusciva vantaggioso fessurarle prima di attaccarle colla punteruola: a tale scopo si riscaldavano fortemente, accendendovi contro della legna, e si bagnavano dopo con acqua. Questa pratica, benchè il lavoro colla punteruola sia caduto completamente in disuso coll'introduzione delle mine, è ancora seguita in alcune contrade dell'Ungheria e della Svezia.

Specie di punteruole ma di impiego affatto diverso, sono le *punte*, che servono a dividere massi od a separare le roccie schistose in lastre.

I *cunei* sono utensili analoghi alle punte; talvolta sono di legno ed hanno la punta armata di ferro, ma più sovente sono interamente di ferro e pesano $1 \div 5$ kg.: la forma è conica, o semicilindrica, oppure a spigolo, a seconda delle applicazioni cui sono destinati.

182. I minatori e cavatori che lavorano cogli esplodenti sono provvisti di una serie di ferri speciali, detti *fioretti*, o *stampi*, o *pistoletti*, per l'apertura delle mine. I fioretti sono costituiti da sbarre di acciaio di diversa lunghezza (fig. 40), generalmente di $20 \div 25$ mm. di diametro, a sezione esagona o ottagonale, che ad un estremo sono foggiate a scalpello tagliente. Lo scalpello è temprato, e serve per incidere la roccia poichè si batte sulla testa del fioretto con la *mazzetta*. La lunghezza dei fioretti dipende dalla profondità delle mine che si devono aprire: ogni minatore è provvisto di un assortimento di fioretti di diversa lunghezza per poterli man mano sostituire col procedere del lavoro. In roccie dure occorrono da 12 a 18 fioretti per minatore e cioè circa 15-25 kg. di acciaio.

Le *barremine* sono fioretti lunghi qualche metro, i quali vengono lanciati dagli operai direttamente contro la roccia per inciderla.

183. L'acciaio che si impiega per questi utensili varia nella ricchezza di carbonio secondo la durezza delle roccie che si devono attaccare. Per roccie relativamente tenere servono gli acciai poveri di carbonio, facilmente lavorabili; per roccie dure e quarzose occorrono acciai più carburati, e quindi più costosi, i quali richiedono speciali precauzioni nella forgiatura e nella tempra. La fucinazione degli acciai temprati duri è delicata perchè non deve farsi oltre il rosso e l'acciaio non deve assolutamente scintillare al fuoco, nè ricoprirsi di globuli vetrosi; la tempra deve essere condotta non oltre il rosso ciliegia; di più il fioretto deve aver subìto nella parte da temprare un riscaldamento ben uniforme, senza essere stato assoggettato a corrente di aria troppo forte nella forgia, e senza aver soggiornato a contatto dei rosticci di carbone. Perchè i fioretti riescano ben temprati, si dovrebbero immergere verticalmente in una cassa a corrente d'acqua, munita a conveniente altezza di una rete metallica per sostenere i fioretti. È poi desiderabile, per facilitare il lavoro al forgiatore, che i fioretti siano d'una unica qualità di acciaio. Per la tempra degli acciai duri, l'acqua di miniera, sovente ricca di acido solforico, riesce molte volte troppo conduttrice del calore.



Fig. 40.

La testa dei fioretti non è temprata per evitare le eventuali scheggiature, assai pericolose per i minatori. — Infine i fioretti divenuti coll'uso troppo corti, si saldano assieme per allungarli.

184. Le *mazzette* o martelli da minatore, si distinguono in due categorie a seconda che sono maneggiate con una o con le due mani: le prime gli dicono propriamente mazzette; le seconde diconsi più generalmente *mazzecubie* o *mazzecoppie*.

La mazzetta è un martello del peso variabile da 2 a 3 kg. montato sopra un corto manico; ha forma alquanto arcuata, generalmente ad arco di cerchio avente m. 0.50 di raggio: gli spigoli sono smussati verso le estremità.

La *mazzacoppia* è un martello pesante 3 ÷ 6 kg. ed anche più, di forma più tozza della mazzetta, e montato sopra un manico più lungo.

Le mazzette e le mazze si fanno di acciaio, generalmente sono temprate, perchè come si disse, si preferisce non dare la tempra alla testa del fioretto, per evitare le scheggiature pericolose per l'operaio che attende al lavoro.

Infine le *mazzegemme* sono martelli pesanti da 4 ÷ 14 kg.,

montati su lungo manico, e che servono alla spezzatura dei grossi blocchi di minerale. Di egual genere è la mazza *testù* toscana.

185. Gli strumenti cui abbiamo accennato, e che servono per l'attacco e per l'abbattimento delle roccie, vanno evidentemente studiati in modo di ottenere dal lavoro il massimo rendimento possibile. Basta ad es. pensare al numero stragrande di colpi di martello che un minatore dà in un anno, per convincersi della necessità che ad ogni colpo il martello trasformi in lavoro utile la maggior parte possibile della energia che spende il minatore. Gli è perciò che specialmente gli strumenti destinati al lavoro manuale dell'operaio, devono essere ben proporzionati alla forza fisica dell'operaio stesso, in modo che questo possa nel tempo in cui lavora sviluppare utilmente l'energia di cui è capace. Se un martello, ad esempio, è troppo pesante, ancorchè ad ogni colpo dia un effetto utile maggiore rispetto a quello ottenibile con un martello più leggero, finisce però in breve coll'intorpidire il braccio dell'operaio: se il martello è eccessivamente leggero, permette, è vero, un lavoro più lungo, ma l'effetto utile si riduce a ben poca cosa: e gli esempi si possono moltiplicare.

Nel lavoro in roccie dure colle perforatrici meccaniche è regola di mantenere sempre gli scalpelli, che incidono la roccia, col tagliente ben vivo: essi, infatti, battono più centinaia di colpi al minuto, ed un minor lavoro, che ad ogni colpo può anche riescire impercettibile, porta al termine di poche ore a differenze notevolissime. La stessa regola è bene che sia osservata anche per i fioretti dei minatori, per le mazzette, ecc.: insomma è necessario che gli arnesi dei minatori si trovino sempre in perfetto stato per la migliore utilizzazione della mano d'opera.

186. La lunga esperienza ha a poco a poco modificato il peso e la forma degli utensili che servono nel lavoro manuale dei minatori, sì che essi da tempo, in generale, ben soddisfano alle condizioni del lavoro; in questi ultimi anni la produzione economica dell'acciaio ne ha permesso la larga introduzione nella fabbricazione di tali utensili, che prima erano di ferro, ottenendo così sovente un minor peso, e sempre una maggior durata dell'utensile. I picconi e le pale di ferro sono stati ad es. con grande economia sostituiti ovunque con picconi e pale di acciaio.

Negli Stati Uniti da qualche tempo s'intraprese una razionale sostituzione dei manici di legno degli utensili, che avevano forme diritte perchè provenivano dai rami delle piante, con manici di legno opportunamente studiati nelle curve per facilitare il lavoro.

La fabbricazione di detti manici si compie economicamente colle macchine da copiare ben note nell'industria del legno, e pare vada prendendo largo piede in quelle miniere dove la mano d'opera è relativamente assai cara.

Quando le miniere sono vaste, la dotazione degli arnesi è rilevante, ed è necessario rendere gli operai responsabili degli utensili che sono loro consegnati, per evitare che vadano sottratti o dispersi. Siccome poi ai pistoletti si deve giornalmente rifare il tagliente, così sovente gli stessi minatori, prima di entrare al lavoro, si presentano alla forgia a ritirare i propri ferri aggiustati e temprati. Si prende nota dei ferri consegnati ad ogni operaio od alle compagnie di operai e che al termine del lavoro devono essere riportati alla forgia. I ferri mancanti sono addebitati.

Quando il lavoro comporta delle imprese costituite da minatori associati, in principio del lavoro si addebita all'impresa una conveniente dotazione di arnesi e di ferri da mina, controsegnati col numero proprio dell'impresa. A fine dei lavori si ripesano i ferri, si aggiunge un certo calo pel consumo, quando ciò è prestabilito, e la deficienza di peso che ancora rimane, viene pagata dall'impresa. In roccie dure si può ritenere che il calo di acciaio dei pistoletti è di 30 grammi circa per metro di foro di mina, comprendendo il consumo della forgia: Naturalmente però tale calo varia assai colla qualità degli acciai che sono in distribuzione.

La tempra e il ripasso dei ferri generalmente sono affidati a numero ad un forgiatore, e si lascia ai minatori la cura di pretendere che i ferri siano consegnati convenientemente aggiustati nel taglio. Un abile forgiatore può passare giornalmente 300 pistoletti ordinari.

In alcune grandi miniere si introdussero con vantaggio delle macchine per aggiustare i ferri da mina: esse constano di due martelli che lavorano ad angolo retto fra loro, e che sovente sono mossi da aria compressa.

Queste macchine sono specialmente vantaggiose perchè ricalcano e foggiano i taglienti dei fioretti con grande precisione. Una macchina può aggiustare 50 fioretti all'ora; presenta il vantaggio di risparmiare metà del carbone che si consuma nel lavoro ordinario a mano, e di richiedere l'assistenza di un solo operaio. Le Ajax e le Word sono macchine americane di questo tipo.

La tempra dei fioretti aggiustati a macchina si compie dopo la forgiatura, e siccome ad essa attende uno speciale operaio, in generale riesce migliore e più uniforme della tempra usuale, fatta dal forgiatore a fin di aggiustatura d'ogni fioretto.

Esplosivi.

187. La polvere nera, inventata verso il 1250, pare abbia avuto, secondo Guttmann, la sua prima applicazione nelle mine a Schemnitz nel 1627, nel 1630 fu introdotta a Claustal, nel 1845 a Freiberg e nel 1670 nell'Inghilterra.

Nelle miniere essa servì da sola per lunghissimo tempo; e serve tuttora in molte miniere e cave per roccie non molto dure e quando importa di non frantumare eccessivamente il materiale da abbattersi.

Gli esplosivi, in genere, si possono raggruppare in due grandi categorie: esplosivi *deflagranti* ed esplosivi *detonanti*, a seconda che la velocità di propagazione dell'esplosione è relativamente *lenta*, oppure *grandissima*.

La *polvere nera* è il prototipo degli esplodenti deflagranti: L'esplosione avviene in generale per effetto pirometrico, che si trasmette nell'esplosivo per conduttività termica con velocità non superiore a qualche metro per secondo (Piobert). Questa velocità cresce proporzionalmente alla pressione del gas.

La *nitroglicerina* è l'esplosivo-tipo detonante; l'esplosione si determina e si propaga per *deformazione elastica:* l'onda *esplosiva* ha velocità di $3 \div 7000$ metri per secondo.

Gli esplosivi, siano essi deflagranti o detonanti, sono composti stabili alle condizioni ordinarie di temperatura e pressione, che però sotto l'azione di una determinata quantità di energia, somministrata in calorie od in dine, si decompongono, originando abbondanti prodotti gassosi ad alta temperatura. L'effetto dinamico dell'esplosivo è quindi dovuto alla forza elastica dei gas che si generano colla reazione violenta che prende il nome di *scoppio*. Tutti gli esplodenti sono composti molto endotermici, formati cioè con notevole assorbimento di calore: la reazione iniziata in un punto si propaga quindi di per sè nell'esplosivo per l'energia che svolge.

188. La *temperatura d'esplosione* degli esplodenti è compresa fra 1500° e 3000°: essa è solo determinabile col calcolo, rapportando, cioè, la quantità di calore sviluppata nell'esplosione, al calore specifico medio dei prodotti generati. Questa determinazione ha tuttavia solo valore teorico per l'incertezza che regna intorno alle rapidissime decomposizioni ad elevate pressioni, al valore dei ca-

lori specifici alle alte temperature ed intorno, infine, all'eventuale importanza dei fenomeni di dissociazione che intervengono nell'esplosione.

Nota l'equazione dell'esplosione, è facile determinare il *volume* dei prodotti dell'esplosione. Riesce allora possibile calcolare la pressione esercitata dai prodotti gassosi, ossia l'effetto utile dell'esplosione.

Quest'ultima determinazione si compie applicando le note leggi di Gay Lussac e di Mariotte, le quali valgono per temperature e pressioni relativamente basse, poichè si ammette, ad es. che il volume dei gas non diminuisca indefinitamente coll'aumentare della pressione, ma s'arresti in un volume minimo, irreduttibile, nel quale le molecole gassose non si possono ulteriormente avvicinare e che prende il nome di *covolume*. Faremo più avanti un esempio pratico di queste determinazioni.

189. *Polvere nera.* — È un miscuglio dei corpi seguenti:

Nitrato di potassio	62 ÷ 75 %
Zolfo	18 ÷ 10 %
Carbone di legna	20 ÷ 15 %

La composizione della polvere nera varia secondo i paesi e gli usi a cui è destinata.

La polvere d'uso militare ha la composizione:

Nitrato di potassio	75 %
Zolfo.	10 %
Carbone	15 %

La maggior quantità di salnitro che entra nella composizione di certe polveri (da caccia e da guerra) non ha lo scopo di dare un maggior volume di gas, ma bensì quello di rallentare la rapidità di combustione e conciliare quindi l'effetto utile nel lancio del proiettile colla conservazione dell'arma.

Al salnitro, relativamente caro, si può sostituire il nitrato di soda che costa meno. La polvere-soda riesce però igroscopica e quindi l'impiego è possibile solo nelle località ove il clima secco può annullare tale difetto. Polveri a base di nitrato di soda furono adoperate nell'apertura del Canale di Suez, e sono impiegate nelle miniere di sali potassici, dove la presenza di alcuni sali assai deliquescenti rende l'ambiente secco. Oggi poi, usando la precauzione di avvolgere dette polveri in carta paraffinata e di consumarle rapidamente, se ne estese l'impiego in numerose altre miniere.

Queste polveri alla soda sono d'azione meno brutale dell'ordinaria polvere nera: Nelle miniere di sale dove si adoprano, s'usa sostituire nella confezione al carbone del catrame, allo scopo di annerire meno il sale.

La temperatura di infiammazione delle polveri è circa di 300°: la temperatura dei prodotti dell'esplosione sale oltre i 2000°: ne segue che la quantità di gas generato occupa a tale elevata temperatura un volume circa triplo di quello che occuperebbe a temperatura normale.

La polvere da mina è posta in commercio in grani di diversa grandezza: le graniture più correnti sono indicate coi numeri 3, 4, 5, 6 che variano da circa $3 \div 4$ a $8 \div 10$ millimetri.

La polvere nera granulare si commercia generalmente in sacchetti da 3 chili.

Nelle miniere e nelle cave sovente s'adopera vantaggiosamente, al luogo della polvere granulare, la polvere compressa in cilindretti di circa 25 mill. di diametro, forati lungo l'asse.

A parità di peso l'effetto della polvere compressa è circa una volta e mezzo quello della polvere granulare, perchè la carica occupa minor volume e riesce più condensata sul fondo del foro da mina. Oltre ciò la polvere compressa è sovente preferita nei lavori di cava e di miniera perchè più facile riesce la misura delle cariche e più comodo il controllo del consumo. La polvere compressa è anche messa in commercio avvolta in carta, evitando così sul cantiere la fabbricazione, sempre incomoda, delle cartucce.

Il peso specifico della polvere ordinaria è 0.950. Essa deve conservarsi in luogo asciutto. Tuttavia la polvere umida riacquista le sue proprietà coll'essiccazione.

Polveri al clorato. — Benchè i clorati siano facili ad ottenersi, e con zolfo e carbone sviluppino enorme quantità di calore, pure le polveri al clorato non sono usate, essendo la fabbricazione e la manipolazione loro pericolosa perchè troppo sensibili all'urto.

190. *Nitroglicerina.* — $C^3 H^5 \begin{matrix} /ONO^2 \\ -ONO^2 \\ \backslash ONO^2 \end{matrix}$. — La costituzione chimica fu stabilita dal chimico inglese Williamson: essa è un etere nitrico della glicerina e precisamente l'etere gliceriltrinitico, la cui formula di decomposizione è la seguente:

$$2\,C^3 H^5 (ONO^2)^3 = 6\,CO^2 + 5\,H^2O + 3\,N^2 + {}^1/_2\,O^2$$

Si ottiene trattando la glicerina $C^3H^5(OH)^3$ con acido nitrico e acido solforico.

La presenza dell'acido solforico è necessaria per l'assorbimento dell'acqua che si produce durante la reazione:

$$N^3H^5\begin{matrix}/OH\\ -OH\\ \backslash OH\end{matrix} + 3\,NO^2.OH = C^3H^5\begin{matrix}/ONO^2\\ -ONO^2\\ \backslash ONO^2\end{matrix} + 3\,H^2O$$

$$92 \quad + \quad 189 \quad = \quad 227 \quad + \quad 54$$

La nitroglicerina è stata scoperta da Ascanio Sobrero di Casale nel 1847 nel suo laboratorio a Torino (1). A temperature ordinarie è un liquido denso, oleoso, inodoro, generalmente giallastro, insolubile nell'acqua e nell'essenza di petrolio; solubile invece nell'alcool metilico, nell'etere solforico e nella benzina. Tale liquido è pericolosissimo perchè esplode al minimo urto: l'esplosibilità aumenta colla temperatura, finchè a 217° esplode spontaneamente. Una goccia di nitroglicerina a temperatura ordinaria detona cadendo dall'altezza di un metro; a 90° detona cadendo dall'altezza di 50 centimetri. Nel 1864 Alfredo Nobel mostrò che la nitroglicerina poteva servire nelle mine, facendola esplodere con una carica di polvere: ma l'impiego di tale liquido riescì sempre, ancorchè racchiuso in piccoli recipienti a costituire delle cartucce, assai pericoloso.

Nelle miniere d'Europa l'impiego della nitroglicerina è proscritto.

Il trasporto di una tale sostanza fu vietato quasi ovunque dopo numerosi terribili accidenti che si verificarono. Solo in qualche località dell'America pare si trasporti la nitroglicerina congelata.

Coll'esplosione la nitroglicerina sviluppa, in un cinquantamillesimo di secondo, 1300 volte il proprio volume di gas ad una temperatura di oltre 3000°.

L'invenzione del Sobrero non avrebbe avuto importanza pratica se nel 1866 lo stesso Nobel non avesse trovato un modo semplice di rendere la nitroglicerina maneggievole ed inoffensiva,

(1) La maggior parte dei trattati ripete l'errore che il Sobrero scoprì la nitroglicerina nel laboratorio di Pelouze a Parigi. Nel 1847 Sobrero era già da due anni professore di chimica applicata alle arti a Torino, pel qual posto egli aveva lasciato il laboratorio di Pelouze nel mese di aprile 1843. Gli studi del Sobrero sulla nitroglicerina furono *cominciati* e portati a compimento a Torino.

facendola assorbire da sostanze porose. In tal modo il liquido pericoloso viene suddiviso in una infinità di piccole particelle, ciascuna delle quali riesce, per così dire, imballata in un meato della sostanza porosa.

Si ebbero così le *dinamiti*, che si distinsero in seguito a seconda della sostanza assorbente adoperata, in dinamiti a *base inerte* e dinamiti a *base attiva*.

L'ordinaria dinamite aveva per base assorbente il Kieselguhr o farina fossile, costituita da residui di diatomee che si estraggono a Oberlohe nell'Annover. In talune fabbriche s'impiegava invece il tripoli ordinario, la creta, l'ocra, ecc.: oggi quasi tutte le dinamiti sono a basi attive.

Nei dinamitifici la nitroglicerina si prepara facendo agire la glicerina con un miscuglio di una parte in peso di HNO^3 a 48° B e due parti di H_2SO_4 a 66° B.

Come s'è visto dalla reazione scritta, per ogni chilogramma di nitroglicerina occorrono kg. 2.054 di HNO_3 e kg. 4.108 di H_2SO_4 praticamente però se ne impiega sempre un po' di più.

In disparte ed in tinozze di legno foderate di piombo, si prepara la miscela di HNO_3 con H_2SO_4, indi si fa cadere in filo sottile la glicerina, mentre un agitatore ad elica rimesta continuamente il miscuglio. Per tener bassa la temperatura, ed evitare il pericolo di esplosione, le tinozze sono a doppia parete, e fra esse circola continuamente una corrente d'acqua fredda: di più nell'interno viene collocato un serpentino pure ad acqua fredda; e colla glicerina si fa arrivare un getto d'aria compressa, la quale, dilatandosi, contribuisce ad assorbire calore.

Un termometro immerso nella massa liquida indica costantemente la temperatura: qualora questa superasse i 30° C., mediante rubinetto apposito, si farebbe cadere la miscela in una grande vasca d'acqua sottostante.

A reazione compiuta la nitroglicerina è introdotta in una vasca di legno foderata di piombo e piena d'acqua; quivi si deposita sul fondo e viene raccolta. In seguito si lava con acqua pura e poi con acqua contenente carbonato sodico sino a quando non dà più reazione acida.

191. *Dinamiti.* — Le dinamiti a base attiva si possono distinguere in: dinamiti *a base combustibile* e dinamiti *a base esplosiva*.

Le dinamiti a base combustibile hanno per corpo assorbente la segatura di legno, la farina di segale, ecc. Contengono poca nitroglicerina (25 %), e mescolate con altre sostanze, come nitrato

di soda, di potassa, di barite, bicromato, ecc. danno luogo ad alcuni esplosivi, adoperati specialmente nelle miniere di Westfaglia, noti col nome di *carboniti* o *litofrattori*.

Le dinamiti a base esplosiva hanno per corpo assorbente principalmente il *collodio*, sostanza che si ottiene sciogliendo in una mescolanza d'alcool ed etere della cellulosa, trattata previamente in una miscela di una parte in peso di HNO_3 e di una parte e mezza di H_2SO_4 ad ottenere una nitrazione (1). L'acido nitrico non deve essere fumante e non deve contenere vapori nitrosi, di più la reazione deve durare un'ora, mentre per la preparazione del *fulmicotone* la nitrazione si protrae per 24 ore.

La più importante dinamite a base esplosiva è la *gelatina esplosiva*, ottenuta da Nobel nel 1876, sciogliendo il collodio nella nitroglicerina.

La gelatina esplosiva fisicamente rassomiglia alla gelatina ordinaria: È assai poco sensibile all'urto, non si altera all'umido e si conserva perfettamente in magazzino. Essa ha dato luogo alle *gomme* ed alle *gelatine*.

La composizione della *dinamite-gomma* è 97 % di nitroglicerina e 3 % di collodio; la dinamite-gomma impastata con altre sostanze, quali la segatura di legno, nitrato di potassa, di soda, ecc. dà luogo alle *gelatine*, che hanno forza variabile colla proporzione di *gomma* che contengono. Si dovrebbe però intendere col nome di *gelatina esplosiva* la mescolanza di 92 di nitroglicerina e 8 di collodio.

Altra volta le dinamiti erano classificate con diversi numeri, a seconda della quantità di nitroglicerina che contenevano: oggi colle dinamiti a base esplosiva è la quantità di gelatina quella che indica la forza dell'esplosivo. Siccome poi la numerazione delle dinamiti divenne arbitraria, così è bene nelle contrattazioni specificare la quantità di nitroglicerina e di collodio che la gelatina deve contenere. Si dirà ad es. per dinamite al 70 % di gelatina, al 66 % di nitroglicerina e 4 % di collodio.

La *forcite* è una gelatina che contiene il 49 % di nitroglicerina ed 1 % di collodio oltrechè altre sostanze, come nitrato di soda, catrame, ecc.

192. Molti nuovi esplodenti tentano, però finora senza gran

(1) Il cotone nitrato era stato scoperto prima della nitroglicerina nel 1845 da Schönbein.

successo, di sostituire nelle miniere gli esplosivi a base di nitroglicerina. Fra questi citiamo:

Le *chedditi* o esplodenti Street, costituite da clorati e da sostanze oleaginose, talvolta con acido picrico: sono molto stabili ed hanno potenze comparabili alle dinamiti.

Gli *esplosivi Favier* sono a base di nitrato di ammonio (17,48 %), nitronaftalina (18.52 %) e nitrato di soda (64 %), oppure di nitrato ammonio (88 %) e di nitronaftalina (12 %) come l'*Ammonite*, o di nitrato d'ammonio (86 %), di nitrobenzolo (13 %) e cloronaftalina (2 %) come la *roburite*. Esplosivi analoghi sono la *bellite*, la *tritorite*, ecc. Siccome il nitrato ammonico è tanto meno sensibile all'urto quanto più è compresso, questi esplodenti si presentano in cartucce costituite da una crosta cilindrica fortemente compressa nella quale si trova il rimanente esplosivo polverulento per rendere facile l'innesco.

Una categoria di esplodenti che sono costituiti, come le chedditi, da sostanze inoffensive, che possono essere trasportate impunemente e che mescolate costituiscono l'esplosivo, è quella derivata dalle panclastiti del Turpin (1882), note per la violenza dell'esplosione: appartiene a questa classe il *Prometeo*. La preparazione dell'esplosivo si fa all'atto della carica, immergendo la cartuccia, contenente clorato di potassa e nitronaftalene, o un perossido nitrico e solfuro di carbonio, in idrocarburi della serie aromatica.

Questi esplosivi, che si preparano al momento dell'impiego, hanno però l'inconveniente di originare una complicazione nel carico delle mine.

L'aria liquida fu recentemente esperimentata come esplosivo nel traforo del Sempione dalla ditta Linde di Monaco. La macchina Linde per liquefare l'aria, che fu adoperata in quelle esperienze, assorbiva 18 cavalli e forniva 6 litri d'aria liquida all'ora, contenente il 40 % di ossigeno. Si lasciava evaporare l'aria fin quando il contenuto di ossigeno nel residuo giungeva al 60 ÷ 80 %. Le cartucce si preparavano mescolando della sabbia silicea con una sostanza combustibile ad es. del petrolio. Si possono adoperare altre sostanze, come carbone di legna e paraffina, Kieselguhr e catrame, ecc. Le cartucce così confezionate, immerse nell'aria liquida erano pronte per l'impiego. La detonazione avveniva per urto, per mezzo delle solite capsule di fulminato. Gli inconvenienti che presentò il nuovo esplosivo furono la produzione di CO nell'ambiente, ma sopratutto la necessità di usare le cartucce appena tolte dal liquido perchè dopo 10 ÷ 15 minuti esse cominciavano a divenire meno efficaci.

Questo esplodente presenterebbe dei notevoli vantaggi sul *gas tonante* in cartuccie, proposto da Edison e adoperato nelle cartuccie Ochsé di Cologna, senza però successo pratico.

193. *Mine a polvere nera.* — Quando occorre fessurare le roccie, ossia romperle senza troppo frantumarle, come ad es. per ottenere dei blocchi sani, oppure per abbattere carbone, ecc., si usa generalmente nelle nostre cave e miniere, la polvere nera.

La *polvere nera* s'adopra granulare o compressa in dischi, e deve essere introdotta nel foro da mina avvolta in carta per modo da costituire una cartuccia: si evita così il pericolo che, rimanendo dei grani o del polverino lungo il foro, nascano esplosioni premature all'atto del caricamento. Nelle ordinarie mine la carica di polvere varia da 100 a 500 grammi. Alcune mine praticate in terreni calcarei ne contengono di più, ma allora il foro da mina viene ingrandito coll'aiuto di un acido nella parte inferiore, in modo da costituirè una camera. Queste ultime mine diconsi *acidate*.

Talvolta le mine sono destinate a scoscendere grandi massi di roccia; in questi casi si scava in un punto opportuno un cunicolo a zig-zag, che adduce ad un fornello o camera da mina, nel quale si ammassa la polvere in sacchi, riempiendo perfettamente lo spazio vuoto. Il cunicolo viene poscia accuratamente chiuso con terra e muratura, dopo aver disposto due miccie o due circuiti elettrici per l'accensione. Queste mine diconsi *varate* e non si possono praticare senza speciale permesso dell'autorità di P. S.

194. Quando s'adopera polvere nera o qualsivoglia altro esplodente deflagrante, è indispensabile, per ottenere il massimo effetto utile, di praticare la *borratura* o *intasamento* del foro da mina. Nelle ordinarie mine si usa porre a contatto della polvere, che costituisce la carica, o infilare nei dischi di polvere compressa, che all'uopo portano un opportuno foro, una miccia di conveniente lunghezza, destinata a portare l'accensione alla carica. Collocata questa sul fondo del foro da mina, in modo che la miccia che l'accompagna sporga per un certo tratto all'esterno, si procede all'intasamento del foro, comprimendovi dentro dapprima della carta foggiata a pallottola e poscia della terra e dall'argilla. Quest'ultima si prepara in forma di cilindretti, e se invece s'adopera della terra, s'impiegano dei tubi di carta per contenere il materiale incoerente. L'operazione della borratura va condotta con certa precauzione per assicurare il contatto della miccia colla polvere, e per evitare che nella compressione troppo rapida dello stoppaccio di carta s'elevi la temperatura dell'aria interposta tra detto stoppaccio e la car-

tuccia, con fenomeno analogo a quello ben noto dell'acciarino pneumatico.

S'adopera per compiere l'intasatura un *calcatoio di legno* (figura 41) coll'estremità talvolta di rame o di zinco, foggiato in modo da poter spingere la cartuccia sul fondo del foro e comprimerla poscia sopra la borratura. La testa del calcatoio è munita di una solcatura laterale nella quale durante l'operazione trova posto la miccia.

195. Le mine a polvere non si possono praticare nei luoghi bagnati, tranne che si costituiscano delle cartuccie impermeabili e s'adoprino miccie rivestite di cautchouch.

Le solite miccie da mina, dette di Bickford dal nome dell'inventore (1831), sono costituite da un esile cilindretto di polverino accuratamente avvolto in canape o iuta; l'involgimento è incatramato o rivestito di guttaperca se le miccie sono destinate a luoghi umidi o bagnati. La velocità di propagazione del fuoco nelle ordinarie miccie è circa m. 0,80 al minuto primo; essa può per cause accidentali rallentarsi notevolmente, ad es., per goccie d'olio cadute sulla miccia o per umidità ed in tal caso sono possibili gravi inconvenienti.



Fig. 41.

In passato, prima dell'adozione delle miccie, si lasciava nel foro da mina durante la borratura un lungo spillo, che ad intasamento compiuto veniva ritirato. Si stabiliva così un canaletto, nel quale si versava il polverino che adduceva il fuoco alla carica. Una miccia di cotone, imbevuta di zolfo, portava con una certa lentezza il fuoco al polverino, che talvolta anzichè essere a contatto colla borratura, era contenuto in uno stelo di paglia a formare un piccolo razzo.

Quando si vuole distaccare la roccia in grossi pezzi senza produrre in essa troppe fenditure, si procede ad una carica insufficente della mina e poscia, avvenuta l'esplosione, si ricarica la mina con una nuova quantità di polvere: si produce così una seconda esplosione, poi una terza e così via, avendo cura di compiere ogni volta l'intasamento delle fenditure che man mano si producono. Queste mine sono dette con *polvere di mezzo* e sono usate, ad es., nelle cave di marmi, di graniti, ecc.

196. La quantità C di polvere necessaria per una data mina è evidentemente funzione delle qualità di roccia da abbattere e del suo volume. Si può quindi scrivere:

$$C = m\ V$$

ove m è un coefficiente che varia colle singole roccie.

Diconsi *mine ordinarie* quelle che per effetto dell' esplosione smuovono un imbuto, che si suppone tronco-conico, in cui il raggio-base R risulta uguale alla *linea di minor resistenza* h. In tal caso risulta:

$$C = \sim 1{,}83\, m\, h^3$$

Il rapporto $\frac{R}{h} = n$ prende in arte militare il nome di *svasamento* dell'imbuto od *indice* del *fornello*.

Per $n = 1$ si ha la mina ordinaria
» $n > 1$ » » » sopracarica
» $n < 1$ » » » sottocarica.

Se è nullo l'effetto dell'esplosione all'esterno, si ha il *fumacchio*.

Pel calcolo della carica nei diversi casi, il genio militare adotta la formula:

$$C = 1{,}83\, .\, m h^3 \left(\sqrt{1 + n^2} - 0{,}41\right)^3$$

ove m varia da 0,783 per la terra ordinaria (terra grassa mescolata con ciottoli), ad 1,783 per la roccia compatta, e 2,313 per la muratura antica romana, che si può paragonare a roccia dura.

Una regola pratica per il calcolo delle mine è la seguente:

Si fa il cubo, (espresso in decimetri) del minimo spessore di roccia da distaccare, e se ne prende la metà. Si introduce nella mina una carica di polvere in grammi eguale al numero così ottenuto.

Si è fatto qualche volta il calcolo per determinare la carica delle grandi mine, supponendo di voler imprimere alla massa da distaccare la velocità iniziale necessaria perchè percorra un certo spazio (di qualche millimetro). Si trova un bell'esempio di tale calcolo nei rendiconti delle R. Accademie delle scienze di Torino alla serie II, vol. XXII.

Si può ritenere che in un ordinario abbattimento di roccie dure con piccole mine, possa occorrere un Kg. di polvere per $2 \div 3$ m^3 di roccia abbattuta. Nelle varate la quantità di esplodente è molto minore, sopratutto se la camera da mina è collocata in posizione favorevole. Per fissare le idee, nel calcare si ottenne con una varata caricata di 20 quintali di polvere, lo scoscendimento di 200.000 Tonn. di roccia.

I prodotti dell'esplosione della polvere sono: ossido di carbonio, acido carbonico, azoto, solfato, carbonato e solfuro di potassio (56 % di prodotti solidi e 44 % di gassosi).

197. *Mine a dinamite.* — Quando si vuol ottenere nella mina effetto assai violento, si ricorre alle dinamiti. La dinamite esplode in un tempo infinitamente breve, e quindi accumula una grande quantità di gas ad altissima temperatura in uno spazio ristrettissimo. Le pressioni iniziali, se la detonazione fosse istantanea, raggiungerebbero il limite teorico infinito. Si comprende quindi come l'azione dirompente delle dinamiti sia ben diversa di quella delle polveri — esse frantumano e polverizzano nelle immediate adiacenze della camera da mina e scuotono con inaudita violenza la roccia. Nel calcolo delle pressioni (v. n. 205) si deve tener conto per questi esplosivi che i gas prodotti non hanno a loro disposizione l'intero volume della camera ma bensì tale volume diminuito del *covolume* che è circa un millesimo del volume occupato dai gas 0° e 760 mill. di pressione: questo *covolume* è il volume dei gas che oltre una data pressione riesce irreduttibile.

198. La dinamite è posta in commercio in pacchi di 2 $^1/_2$ kg., che contengono circa 30 cartuccie e qualche mezza cartuccia. La dinamite è molle, pastosa, foggiata a cilindri di 25 mill. di diametro e 100 ÷ 120 di lunghezza; essa è avvolta in carta paraffinata.

Le cartuccie vengono introdotte colla relativa carta nel foro da mina, valendosi di un calcatoio di legno; quando, per costituire la carica occorrono più cartuccie, si dispongono l'una a contatto dell'altra, calcandole col calcatoio. L'ultima cartuccia abbassata nel foro, deve essere innescata e posta in relazione colla miccia.

La dinamite, come si disse, esplode per urto o per compressione. Se la dinamite ricevesse direttamente la miccia, potrebbe ardere o deflagrare, ed anche potrebbe avvenire che la deflagrazione si trasformasse ad un tratto in detonazione. Per provocare con sicurezza la detonazione della dinamite si deve produrre nella massa una detonazione iniziale, servendosi di una sostanza che per innalzamento di temperatura detona con certezza.

199. Vi sono parecchie sostanze che non ammettono deflagrazione, così ad es.: l'ossalato d'argento, il fulminato di mercurio, il cloruro e ioduro d'azoto, ecc. Queste sostanze, molto endotermiche, detonano sia sotto l'azione del calore come dell'urto. La meno pericolosa nel maneggio è il fulminato di mercurio, polvere bianca che detona alla temperatura di circa 186°.

La sua formula di decomposizione è la seguente:

$$C_2 N_2 Hg O_2 = 2 C O + Hg + N_2$$

Si prepara sciogliendo il mercurio in acido nitrico a temperatura

non superiore ai 50° C., e trattando la soluzione con alcool alla densità di 0,83. Cessata la reazione, si versa il tutto in una bacinella di porcellana e si lascia raffreddare: il fulminato di mercurio si precipita sotto forma di aghi leggermente grigiastri.

Filtrato e lavato ripetutamente il precipitato con acqua distillata, finchè siasi completamente levata l'acidità, si elimina il mercurio che ancora può trovarsi allo stato libero o di ossalato, trattando il precipitato con acqua bollente. Il mercurio e l'ossalato, che sono insolubili, si depositano: si decanta allora la soluzione e si lascia raffreddare. Il fulminato di mercurio cristallizza in prismi bianco lucenti che si lasciano asciugare, per macinarli poi con acqua e ridurli in polvere finissima. Nella confezione delle capsule il fulminato di mercurio è mescolato col 15 % di clorato di potassio.

200. Prima di introdurla nel foro da mina si dispone nella cartuccia di dinamite una piccola carica di fulminato, posta in relazione con una miccia. Quando il fuoco si approssima al fulminato, in modo da alzarne la temperatura, esso scoppia, e provoca così l'esplosione della dinamite.

Servono all'uopo, nella pratica, delle capsule di rame di 50 mm. di lunghezza, e circa 7 millimetri di diametro, che contengono la carica di fulminato. Si distinguono le capsule secondo la loro forza con dei numeri, che indicano anche la quantità di fulminato di ogni carica

N.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
gr.	0,3	0,4	0,54	0,65	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

Le capsule sono vendute in scatole da 100 ognuna.

Introdotto nella capsula il capo della miccia nettamente tagliato, si stringe con una tenaglietta il labbro superiore, in modo da fissare la miccia alla capsula; poscia, svolto il capo della carta che involge la cartuccia, si affonda la capsula nella dinamite per circa $^2/_3$ della sua lunghezza. Si accomoda infine la carta della cartuccia attorno alla parte di capsula sporgente (v. fig. 41) e si lega con spago. L'innesco è così preparato, e la cartuccia può essere introdotta nel foro da mina da sola o sopra le altre.

Per l'accensione delle mine a dinamite servono le solite miccie di sicurezza. Sembra però ormai provato che l'innesco a semplice capsula fulminante non basta sempre a provocare la completa dissociazione degli elementi della dinamite; e quindi per ottenere

maggior effetto dall'esplosione conviene nelle mine importanti ricorrere all'innesco di fulmicotone [C^6 H^7 $(NO^2)^3$ O^6]. Il fulmicotone compresso ed asciutto vien preparato in cilindretti di diametro eguale a quello della cartuccia. Sul suo asse porta il foro destinato a ricevere la capsula fulminante. Cilindretto e cartuccia si uniscono tra loro con spago, e si avvolgono in uno stesso involucro di carta paraffinata, a costituire la cosidetta *cartuccia-innesco*.

Per le mine da campagna il Genio militare adotta cartucce di gelatina innescate con fulmicotone. Ogni cartuccia ha forma cilindrica a sezione retta circolare: pesa 100 gr.: ha 30 mm. di diametro ed è lunga 100 mm. Il cilindretto di fulmicotone ha 30 mm. di diametro, e 40 mm. di lunghezza.

Nelle miniere s'adopera però, fino ad ora, la semplice capsula di fulminato: questa deve essere scelta in modo da provocare la completa reazione esplosiva. I fumacchi sono generalmente dovuti all'impiego di capsule troppo deboli. — Le esplosioni incomplete sono avvertibili per la presenza di vapori nitrosi nel cantiere.



Fig. 42.

201. *Accensione elettrica delle mine.* — In taluni casi l'esplosione delle mine si provoca elettricamente. Servono allora delle capsule speciali con fulminato di mercurio o contenenti una miscela di clorato di potassio con sulfuro di antimonio.

L'accensione del fulminato è fatta per mezzo dell'elettricità: si fa scoccare cioè nelle capsule una scintilla tra due punte di platino poste in relazione ai conduttori che fanno capo all'esploditore; oppure si uniscono gli estremi dei conduttori con un filo sottile che si arroventa al passaggio della corrente; oppure si mettono tali conduttori in diretta relazione con una polvere resa conduttrice con particelle di grafite, che per effetto della corrente si riscalda alla temperatura d'ignizione. Queste ultime capsule sono meno costose delle precedenti; però mentre è possibile mantenere le due punte delle prime a distanza precisa, oppure calibrare esattamente il filo che serve da ponte nella seconda, per modo da potere, in caso di bisogno, far esplodere nello stesso istante parecchie mine, colle ultime capsule, per loro natura eterogenee, non v'ha sicurezza della simultaneità delle esplosioni: si preferiscono quindi in generale capsule dei primi due tipi. — I conduttori isolati d'ogni capsula sono uniti a fili di rame o di ferro per mezzo di liste di tela iso-

lante, e questi fili poi sono a lor volta uniti ai conduttori doppi, isolati, che vanno all'esploditore elettrico.

I conduttori delle varie mine si allacciano in serie od in derivazione, a seconda della tensione di cui si dispone, potendosi adoprare esploditori a bassa, oppure ad alta tensione. Se le mine sono numerose, si possono distribuire in gruppi o in serie, fra loro collegati in derivazione.

Può in alcuni casi occorrere di far partire i colpi da mina in due tempi distinti e vicini fra loro. Colle ordinarie miccie si ha un mezzo molto semplice di stabilire la successione dei colpi, regolando la lunghezza della miccia. Pel tiro elettrico, si fabbricano capsule elettriche a tempo, nelle quali, tra la polvere elettrica ed il fulminato di mercurio, si trova interposto un cilindretto di polvere, che, incendiato, trasmette solo dopo qualche istante fuoco al fulminato. Nelle figure 43 e 44 sono rappresentate in grande scala capsule di questo tipo americane: *a* sono i conduttori, *f* è la polvere elettrica, *h* una finestrella per la fuga dei gas, *g* la polvere a combustione, *e* la carica di fulminato. La parte *i* della capsula trovasi all'esterno della cartuccia. In alcuni tipi meglio studiati i conduttori possono staccarsi dalla capsula per la violenza delle mine che partono prima, mentre all'interno della capsula stessa continua la combustione del polverino.

202. L'accensione elettrica delle mine si compie cogli *esploditori.*

Negli esploditori magneto-elettrici a bobina mobile, nei quali, cioè, una bobina ruota attorno ad un asse fra i poli di un magnete permanente, la scintilla è determinata per la rottura del circuito. Di questo tipo è ad es. l'esploditore Zünder di Colonia.

Negli esploditori magneto-elettrici a bobina fissa, fra cui il più conosciuto è il *coup de poing Breguet*, un magnete a ferro di cavallo porta alle estremità due rocchetti. Un pezzo di ferro dolce chiude il circuito del magnete: allontanando il pezzo di ferro in modo da rompere bruscamente il circuito, si determina nelle bobine la corrente necessaria per l'esplosione.

Negli esploditori dinamo-elettrici vi è una piccola dinamo che si mette in movimento con una manovella. L'esploditore Siemens e Halske appartiene a questo tipo: così pure l'esploditore Contano, il quale, coll' esploditore Breguet, trovasi in dotazione alle truppe del genio.

Si impiegano talvolta degli esploditori fondati sul principio delle macchine elettriche statiche: l'elettricità generata serve per

caricare un condensatore, le cui armature sono poste in relazione, coll'intermediario dei conduttori, quando si vuol produrre l'esplosione. Appartengono a questa categoria gli esploditori Bornhardt, Nobel, ecc.

Il *coup de poing* come questi ultimi esploditori statici, si deteriorano però rapidamente; mentre il *coup de poing* ha effetto solo per 4 ÷ 5 capsule, gli esploditori statici permettono di far esplodere contemporaneamente 20 ÷ 30 colpi di mina ed anche più, quando però agiscono in condizioni favorevoli di elettrizzazione. In generale però oggi si preferiscono gli esploditori dinamo-elettrici tipo Siemens, Zünder, Tirmann, Manet, ecc. Gli esploditori a pile ed a accumulatori sono pochissimo usati.

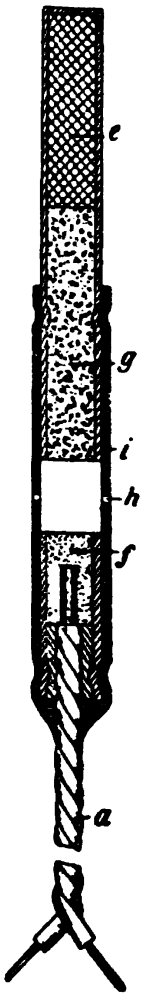


Fig. 44.

Naturalmente la scelta dell' esploditore deve dipendere dalla qualità delle capsule che si impiegano: quelle a scintilla richiedono differenze di potenziale assai più elevate delle altre.

203. Talvolta all'esplosione elettrica si sostituisce quella ottenuta con le miccie a rapidissima combustione dette *cordoni detonanti*. I vari colpi sono riuniti ad una carica di polvere centrale che si fa partire con una miccia ordinaria. La Casa Bickford di Tuckingmill fabbrica di questi cordoni con polverino racchiuso in un tessuto floscio: in Austria si costituiscono con del fulminato, reso insensibile agli urti meccanici, impegnandolo di glicerina o di vaselina, per modo che i cordoni si possono impunemente maneggiare e tagliare. Essi sostituiscono il tiro elettrico nei loro effetti, ma l'inconveniente del sistema consiste nell'alto prezzo dei cordoni stessi.


Fig.43.

204. *Intasamento delle mine.* — Nelle mine a dinamite l'intasamento non è indispensabile, perchè l'aria stessa, per l'istantaneità dell'esplosione, agisce quasi come intasamento. Effettivamente si può con una cartuccia di dinamite spezzare una rotaia, posandola semplicemente sopra e facendola esplodere. Tuttavia un intasamento anche sommario aumenta notevolmente l'effetto

della dinamite come di qualunque altro esplosivo. Basta a dimostrare il fatto, la seguente esperienza: Se dentro ad un vetro da orologio si dispone qualche goccia di cloruro d'azoto, esso detona senza romperlo, ma se il cloruro d'azoto è ricoperto da un velo esilissimo d'acqua, la detonazione polverizza il vetrino. Quindi ogni qualvolta è possibile, si deve sempre eseguire l'intasamento: Borrando anche solo sommariamente la dinamite, si ottiene sempre un effetto utile che compensa ampiamente le spese di intasamento. La borratura è sopratutto conveniente quando i fori da mina sono praticati in roccie dure e sono quindi relativamente costosi. Nelle miniere l'intasamento si fa talvolta sommariamente con acqua o sabbia o carta: Se s' impiega dell' acqua è necessario usare delle miccie rivestite di cautchouch ed impeciare con attenzione la miccia contro la capsula per evitare che possa infiltrarsi acqua a contatto del fulminato.

Gli esplosivi non a base di nitroglicerina, come la cheddite, la polvere Favier, il Prometée, ecc., che rivaleggiano per forza colle dinamiti, richiedono invece sempre delle borrature accurate, come pure la polvere nera. Ciò costituisce evidentemente un notevole svantaggio di fronte alle dinamiti.

Si è cercato di ottenere con borrature speciali maggior effetto utile dell'esplosivo, o lasciando delle camere d'aria a contatto dell'esplodente, o sostituendo a mezza superficie cilindrica del foro da mina, mediante un tassello di legno semicilindrico, un piano diametrale ecc., ma queste disposizioni non entrarono nella pratica poichè l'economia di esplodente non compensa la maggior complicazione del lavoro.

205. *Forza delle dinamiti.* — La carica di dinamite da introdursi in un foro da mina dipende, a parità di altre circostanze, dalla qualità di dinamite, e cioè dalla proporzione di nitroglicerina che contiene.

Si può valutare la forza della dinamite determinandone il *titolo*, ossia la quantità di nitroglicerina che contiene. Si tratta perciò la dinamite con etere: questo scioglie la nitroglicerina e permette di pesare il residuo inerte. Si può controllare questa prova, trattando la dinamite con essenza di petrolio: si sciolgono così le sostanze che avrebbero potuto sofisticare la nitroglicerina, mentre questa rimane insolubile. Per calcolare la pressione esercitata dai prodotti gassosi sulle pareti che li racchiudono, è necessario conoscere la *pressione specifica* dell'esplosivo, ossia la pressione determinata dall'unità di peso dell'esplosivo che esplode nell'unità di volume. Questa pressione è data dalla formula:

$$P_{kil.} = \frac{1.033 \times V_o\,(273 + t)}{273}$$

dove V_o è il volume a 0° e 760 mill. di pressione dei gas sviluppati dall'esplosione di 1 kg. dell'esplosivo che si ricava chimicamente, e t è la temperatura di esplosione data dal calcolo (v. n. 208).

Ecco alcuni valori di P:

Nitroglicerina	kg. 9280
Gomma esplosiva	» 9360
Gelatina	» 7476
Azotato d'ammoniaca . . .	» 5200
Fulminato di mercurio . . .	» 4450

Supponiamo di voler calcolare la pressione esercitata sulle pareti di una camera di 1 m³ (1000 litri) per l'esplosione di 2 kg. di dinamite, avremo:

$$P = \frac{2 \times 7476}{1000} = 14.852 \text{ kg. per centimetro quadro.}$$

La pressione del gas nei fornelli da mina è chiaro che dipende dalla ***densità di caricamento*** che è il rapporto fra il volume del fornello ed il peso dell'esplosivo che esso contiene. È evidente poi che se il ***covolume*** del gas (v. n. 198) è maggiore del volume occupato dall'esplosivo, come per es. accade per la dinamite, la pressione diviene infinitamente grande.

206. La misura della potenza delle dinamiti è fatta nei cilindri di piombo: essa è detta prova di *Trauzl* e consiste nel far avvenire l'esplosione di un dato peso della dinamite, in cilindri di piombo muniti di un foro di date dimensioni, e nel misurare poscia la capacità del vuoto dopo avvenuta l'esplosione. Questa misura si fa versando dell'acqua da un bicchiere graduato: l'aumento di volume serve come misura della forza dell'esplodente.

Le norme in proposito stabilite nel V Congresso di chimica applicata nel 1902 a Berlino per unificare queste determinazioni, sono le seguenti:

Il cilindro di piombo che serve pei saggi deve misurare 200 mm. d'altezza e altrettanti di diametro. Il foro che deve ricevere la carica, nell'asse del cilindro, misura 125 mm. di altezza e 25 mm. di larghezza. La carica si fa con gr. 10 di esplodente incartucciato in un foglio di stagnola, a forma di trapezio rettangolo

avente 70 mm. d'altezza e 150 e 120 mm. di basi. L'accensione è elettrica e la capsula contiene 2 gr. di fulminato (n. 8). Il boraggio si fa con sabbia quarzosa passata attraverso uno staccio di 144 maglie per cm. quadrato, versandola regolarmente e togliendone l'eccesso. Il cilindro di piombo prima dell'esperienza deve avere una temperatura di $15 \div 20°$: per prove comparative occorre piombo delle stesse gittate perchè presenti egual durezza. Nella pratica talvolta il boraggio è fatto con acqua, e l'accensione, anzichè colla scintilla elettrica, è soventi fatta con miccia ordinaria.

Il vuoto totale che si crea nel pane di piombo è misurato versandovi dell'acqua.

Si può ritenere che la gomma dia da 650 a 700 cent. cubici di vuoto; la gelatina a 85 % di nitroglicerina 550-600 cc^3, quella al 75 % circa 500 cc^3 quella al 60 % circa 325 cc^3.

Cogli esplodenti molto potenti i cilindri di piombo quali furono stabiliti dal Congresso di Berlino, hanno resistenza insufficiente: conviene allora comparare il peso delle cariche di questi esplosivi che sono necessarie per produrre nel cilindro un determinato vuoto, col peso di un dato esplosivo, che produce lo stesso vuoto, e che si sceglie come termine di paragone.

Vi sono altri metodi per determinare l'effetto utile degli esplosivi; il più pratico è quello che si basa sul lancio di un proiettile. Tuttavia questo metodo non può evidentemente servire a comparare esplosivi con diversa rapidità di esplosione, mentre serve invece bene per controllare la potenza di un determinato esplosivo. Si adoperano per queste esperienze dei mortai speciali con palle del peso di 12-14 kg. Le cariche sono di 10 grammi ed il lancio, con un angolo del mortaio di circa 25°, raggiunge colle dinamiti potenti $80 \div 90$ metri.

207. *Carica delle mine.* — Per le dinamiti potenti la carica delle mine si può valutare colla formula seguente:

$$c = \frac{2}{3} c R^3$$

ove c varia da 0,35 a 0,80 a seconda della durezza della roccia ed R è la linea di minor resistenza, ossia la minima distanza della mina dalla superficie esterna.

Questa formula vale per mine di qualche importanza. Per gli ordinari fori da mina, supponendo che siano aperti in roccie molto dure, si può ritenere che la lunghezza della carica non deve mai superare $^1/_3 \div ^1/_4$ della profondità del foro da mina; e nei casi in cui la roccia presenti una o due faccie libere, ad $^1/_4 \div ^1/_5$: e final-

mente se le roccie sono relativamente tenere, la carica si riduce ad $^1/_5 \div {}^1/_7$ della lunghezza del foro.

La natura dei prodotti dell'esplosione delle dinamiti e degli altri detonanti che abbiamo considerato, dipende dal modo più o meno completo in cui avviene l'esplosione. I prodotti più semplici, e quindi meno dannosi alla salute quando le esplosioni avvengono in sotterranei, si ottengono colle esplosioni complete, alle quali si arriva con accurate borrature e con capsule di potenza conveniente.

208. **Esplosivi di sicurezza.** — Nelle miniere con grisou l'impiego degli esplodenti deflagranti, che danno, cioè, fiamma, è proscritto: così pure non si possono impiegare quegli esplosivi che in seguito all'esplosione sviluppano prodotti a temperatura capace di infiammare il grisou.

Il calcolo delle temperature di detonazione è possibile partendo dalla formula iniziale di composizione dell'esplosivo, e dalle formule dei prodotti generati coll'esplosione, noti essendo i calori di formazione dei vari composti. Mallard e Le Châtelier hanno dato un metodo in proposito; e si può verificare sperimentalmente l'esattezza di tali determinazioni, misurando la pressione prodotta dall'esplosione in vaso chiuso, e verificando se essa corrisponde alla pressione dedotta della temperatura di detonazione. Richiamando quanto si disse al n. 205 si può stabilire il calcolo nel modo che segue: Supponiamo di voler determinare la temperatura di detonazione della nitroglicerina. L'equazione termo-chimica dell'esplosione è la seguente:

$$\underset{-196}{C^6 H^{10} Az^6 O^{18}} = \underset{564}{6\, CO^2} + \underset{291}{5\, H^2O} + 3\, Az^2 + \frac{1}{2} O^2 \qquad (1)$$

e cioè si svilupperanno $564 + 291 - 196 = 659$ grandi calorie per una molecola di nitroglicerina pari a 454 grammi. Occorre ora per avere la temperatura di detonazione, dividere le calorie sviluppate per il calore specifico dei prodotti dell'esplosione che, trattandosi di gas, è dato dall'espressione stabilita da Mallard e Le Châtelier:

$$c = a + b\,t$$

dove a e b sono delle costanti. Così si ha, ad esempio, per

CO^2	calore specifico	=	$6.26 + 0.0037\,t$
H^2O	»	=	$5.61 + 0.0033\,t$
Az, O, H	»	=	$4.80 + 0.0006\,t$

Essendo allora la temperatura d'esplosione data da:

$$t = \frac{Q}{c} = \frac{Q}{a + bt} \text{ ne segue: } b\,t^2 + a\,t - Q = 0 \qquad (2)$$

Applicando i dati sopra riportati all'equazione chimica (1) ed alla (2) si ha:

$$t^2 + 2020\,t - 16127000 = 0$$

e cioè $t = 3150^0$ che sarebbe la temperatura d'esplosione della dinamite. (In questo calcolo bisogna notare che Q è in realtà alquanto maggiore di 659, perchè l'esplosione si deve considerare avvenga a volume costante più che a pressione costante). Si vede quindi come l'impiego delle dinamiti sia pericoloso negli ambienti con grisou. Lo stesso calcolo si potrebbe ripetere per la polvere nera, la quale poi per la sua relativa lentezza d'esplosione, riesce più pericolosa della dinamite.

209. Ricerche sperimentali hanno mostrato che un esplosivo non determina coll'esplosione l'accensione del grisou, se la temperatura dei prodotti non supera i 2200°. In realtà l'accensione del grisou avviene ad una temperatuta notevolmente più bassa, a 650° circa, ma il grisou presenta un particolare fenomeno, noto col nome di *ritardo all'infiammazione*, per cui avvenendo coi detonanti l'esplosione in un istante, ed intervenendo poscia immediatamente l'espansione dei gas prodotti col relativo lavoro meccanico, la temperatura si abbassa prima che il grisou abbia tempo di incendiarsi. Naturalmente occorre che la temperatura di detonazione non sia eccessivamente elevata, e che l'abbassamento di temperatura si verifichi in un tempo minore di quello richiesto dal ritardo d'infiammazione del grisou, che è variabile colla temperatura: così mentre a 650° è di 10″ circa a 1000° è di 1″ solamente.

210. Favorisce evidentemente l'abbassamento di temperatura dei prodotti dell'esplosione il lavoro meccanico che essi devono compiere prima di liberarsi nell'ambiente; ne segue che l'intasamento delle mine nelle miniere con grisou deve essere particolarmente curato: si è anzi in passato studiato per le miniere con grisou particolari borrature con acqua, la quale, vaporizzando in parte ed in parte essendo proiettata nell'ambiente polverizzata, tendeva a raffreddare i prodotti della combustione.

La cartuccia ad acqua *Settle*, era fondata su questo principio. Si pensò poi di introdurre l'acqua direttamente nell'esplosivo, ser-

vendosi di sali ricchi d'acqua di cristallizzazione e si mescolò all'uopo alla dinamite del nitrato di magnesia o del solfato di magnesia, come nella *Wetterdinamit*. La sicurezza di questi esplosivi è ritenuta però problematica.

Esperienze accurate furono fatte in Francia, nel Belgio ed in Wesfaglia per determinare il grado di sicurezza dei vari esplosivi; e si conchiuse che la temperatura di detonazione non è criterio sufficente per giudicare della sicurezza dell'esplosivo: per ogni esplosivo esiste una carica limite oltre la quale, qualunque sia la temperatura d'esplosione, il grisou si infiamma. Lo studio dei vari esplosivi ha mostrato che quelli a cariche limiti più elevate sono in generale i meno potenti. Quindi più la potenza dell' esplosivo è grande, e più all'atto dello scoppio la pressione adiabatica dell'aria ambiente è elevata, e può l'aumento di temperatura così prodotto esser tale da restringere a troppo breve spazio di tempo il ritardo all'infiammazione, e produrre quindi l'esplosione del grisou.

211. Gli esplosivi di sicurezza più reputati sono quelli a base di nitrato di ammoniaca, poichè tale sostanza ha una temperatura di detonazione di soli 1130°. Essa quindi mescolata a dinamite ordinaria od a dinamite gomma, a trinitronaftalina ecc. diede una serie numerosa di esplosivi di sicurezza *(Grisoutine, Gelatine all'ammoniaca, antigrisou, etc.)* Appartengono alla stessa serie la *roburite,* la *dahmeite*, la *progressite*, ecc. ove il nitrato ammonico è mescolato rispettivamente a binitrobenzolo, a naftalina e bicromato di potassa, a cloruro d'anilina, ecc.

Nelle miniere con grisou, vi è una regolamentazione speciale per l'impiego degli esplosivi, e sono prescritti anche i sistemi di accensione delle mine.

L'accensione elettrica delle mine è in tali condizioni di cose particolarmente indicata.

Quando non s'impiega l'accensione elettrica, si fa uso di accendini speciali, che producono l'accensione della miccia in una piccola capacità chiusa, arrestando così ogni scintillazione all'esterno che potrebbe interessare l'atmosfera circostante. L'accendino Roth a reazione chimica, quello a sfregamento Kock, l'acciarino pneumatico, l'accenditore elettrico ed i numerosi accendini ad urto su piccoli detonatori, rappresentano i principali tipi d'apparecchi del genere sanzionati dalla pratica.

Le miccie di sicurezza devono avere il rivestimento esterno perfetto: quelle senza scintillazione iniziale all'atto dell'accensione, che furono proposte in Westfaglia, non ebbero successo pratico.

212. *Costo degli esplosivi.* — Il costo degli esplosivi varia notevolmente nei diversi paesi. Per la legge del 1902 la polvere da mina paga in Italia una tassa governativa di L. 0.50 al chilogrammo; la dinamite e gli esplosivi parificati alla dinamite pagano L. 1.25 al chilo.

Il costo della dinamite n. 1 è da noi circa L. 3.50 al chilogrammo. I numeri superiori costano meno; le dinamiti gomme circa L. 4.50, e un po' meno le gelatine.

Il costo della nitroglicerina può ritenersi di L. 2.50 al chilogrammo.

La polvere da mina granulare costa L. 1.50 ÷ 1.60 al chilo; quella compressa alquanto più.

Le capsule hanno prezzo variabile secondo la qualità e la forza; le capsule del n. 5 cioè di quintupla forza, costano circa L. 6 al cento. Pure prezzo diverso a seconda delle fabbriche hanno le miccie. Quelle ordinarie si vendono in rotoli di 10 metri e costano circa L. 0.25 ÷ 0.50 al rotolo: le miccie superiori o quelle rivestite di guttapercha costano il doppio: le miccie rapidissime L. 0.50 il metro.

Pei tiri elettrici s'adoperano le capsule speciali che costano 18 ÷ 20 centesimi cadauna se sono a scintilla, alquanto meno se di altri sistemi. I conduttori doppi che vanno all'esploditore e che non sono danneggiati dai colpi, L. 0.50 ÷ 0.60 al metro corrente.

213. *Conservazione degli esplosivi.* — La conservazione delle polveri non richiede particolari precauzioni; così pure la conservazione di altri esplosivi come la polvere Favier, la Cheddite, il Prometeo, ecc. Tuttavia questi ultimi esplodenti sono dalle nostre leggi parificati alle dinamiti ed occorre che le polveriere soddisfino alle condizioni particolari imposte dai Regolamenti. I depositi devono essere autorizzati dal Prefetto e costrutti con speciali norme in località isolate. Le polveriere sono costituite da una camera asciutta, munita di doppia porta montata su cardini di bronzo. La polveriera propriamente detta è chiusa da un muro di cinta, munito pure di porta, e la sorveglianza della polveriera deve essere affidata ad una guardia giurata. In appositi registri si inscrive l'entrata e l'uscita degli esplosivi. Nella polveriera le capsule si devono tenere a parte, separate dalla dinamite. La polveriera prima di essere adibita all'uso per cui è costruita, viene collaudata da una Commissione prefettizia all'uopo nominata.

Una polveriera importante dovrebbe però rispondere ad altre condizioni: Sarebbe conveniente ch'essa fosse costruita in una

trincea e circondata da un baluardo di terra alto almeno come la costruzione, con l'accesso coperto ed esteriormente protetto da un altro baluardo di terra. Il tetto della costruzione dovrebbe essere il più leggero possibile, e costituire nei paesi caldi, una cassa d'aria, coperta di cartoni impermeabili, protetti da assito e ricoperti a loro volta con lastre di piombo o con sottili ardesie, o meglio da cemento armato. Tutto il terreno circostante alla polveriera occorrerebbe fosse sbarrazzato dalle pietre o ciottoli superficiali affinchè, in caso di scoppio, essi non si tramutino in pericolosi proiettili. Sarebbe bene anche installare sui bastioni dei parafulmini, collegati coi terreni costantemente umidi situati in prossimità della polveriera. È però evidente che tutte queste condizioni sono assai difficili a realizzarsi nella pratica.

214. D'altra parte le polveriere sotterranee presentano tali vantaggi su quelle superficiali, che dovrebbero essere ovunque preferite. La temperatura in esse è costante e la dinamite quindi non può subire congelazione, la sorveglianza è assai più facile ed efficace che nelle polveriere alla superficie ed il furto riesce più difficile anche per la ubicazione stessa della polveriera. Gli eventuali danni di uno scoppio sarebbero ridotti ai minimi termini.

Da noi si hanno all'interno delle miniere solo le *riservette*, che sono piccole polveriere destinate a contenere la quantità di dinamite necessaria pel consumo del giorno o di qualche giorno. Le riservette devono essere munite di doppia chiusura.

Le polveriere principali sotterranee potrebbero essere munite di porte a tampone, e cioè di otturatori composti di fogli di cartone o di cuoio e di assicelle che, collocati lungo la galleria d'accesso, in caso di scoppio, spinti dalla colonna d'aria contro opportune sedi in muratura, assicurerebbero l'isolamento della polveriera dalla miniera.

La Commissione francese per le polveriere dà per quelle sotterranee destinate a dinamite (n. 2) i seguenti ricoprimenti, atti ad evitare l'imbuto, e cioè a produrre il fumacchio solamente.

Capacità in Kg.	Ricoprimento in metri per		
	terra sciolta	argilla compatta	roccia
500	14.00	11.00	10.00
1000	18.00	14.50	13.00
2000	23.00	18.50	16.50

215. La polvere nera può essere trasportata o spedita senza alcun permesso fino alla quantità di 5 kg.; per quantità maggiori è necessaria l'autorizzazione prefettizia.

Pel trasporto delle capsule, dinamiti ed esplosivi similari occorre, qualunque ne sia la quantità, la licenza del Ministero dell'Interno o del Prefetto delegato; per trasporto di quantità minori di 5 chili, la scorta può essere imposta dai prefetti; per quantità maggiori, essa è sempre obbligatoria. L'accompagnamento è fatto da agenti pubblici o da guardie private ed alle prime compete una indennità di L. 1.50 per 24 ore. Il trasporto si compie con una regolamentazione speciale.

215. La dinamite dovrebbe essere conservata in pacchi aperti e in locali ben ventilati perchè i vapori nitrosi che emanano dalla dinamite sono dannosi alla dinamite stessa. Devesi perciò accertare che la dinamite che si riceve non dà reazione acida, e perciò basta lavarne con acqua distillata una certa quantità, ed il liquido farlo bollire qualche minuto a contatto di carta del tornasole bleu: se la carta arrossa, è segno che vi sono acidi nitrosi liberi.

Così pure si deve badare se la dinamite presenta sulla carta della cartuccia degli essudati o goccioline, nel qual caso essa è pericolosissima. Per accertarsi se tali essudati sono di nitroglicerina, basterà abbrucciare la carta che avvolge la cartuccia e osservare se la fiamma presenta delle punte gialle, e se tramanda odore di acido nitroso.

La nitroglicerina non gela a temperatura rigorosamente costante ma è fra $7^{\circ} \div 10^{\circ}$. Quando la nitroglicerina è congelata, le cartucce di dinamite divengono dure e riescono pericolose, perchè se presentano essudati di nitroglicerina, lo sfregamento contro le pareti del foro da mina, può facilmente condurre all'esplosione.

La nitroglicerina gelata pare che non sia di per sè pericolosa, anzi in tale stato si dice assai meno pericolosa di quando non è gelata (1). L'impiego della dinamite gelata nel *caricamento delle mine* è però, per il motivo detto dianzi, pericoloso, e deve pertanto essere assolutamente proscritto. Il disgelo della dinamite va eseguito con precauzione: la dinamite non deve mai esporsi al calore diretto di fuoco anche a distanza. Parecchi anni or sono nella miniera

(1) In America Sir Mowbray fabbricante di dinamite fa gelare artificialmente la nitroglicerina e così la trasporta come blocchi di ghiaccio (Cfrm. Cambessède, Cours d'Exploitation des mines).

di Malacalzetta cinque minatori rimasero uccisi per una imprudenza di tal genere! Il miglior procedimento per sgelare la dinamite è quello di portare le cartuccie sciolte in un lavoro sotterraneo relativamente caldo e di lasciarvele soggiornare almeno 36 ore.

Talvolta si usa un disgelatore a bagno maria: in tal caso è necessario versare fra i due recipienti dell'acqua a temperatura non superiore a 25° e di produrre il disgelo della dinamite mantenendola lungamente a tale temperatura, perchè a temperature superiori la dinamite dà un essudato di nitroglicerina che rende le cartucce pericolose. Per questo motivo non è neppure consigliabile di far sgelare la dinamite esponendola ai raggi del sole, se la temperatura può raggiungere tale limite. I recipienti che servono al disgelo della dinamite devono essere maneggiati con precauzione, potendo rendersi pericolosi per nitroglicerina trasudata dalle cartucce, e parecchie disgrazie avvennero per aver riscaldato a fuoco diretto detti recipienti dopo che avevano servito parecchie volte al disgelo della dinamite.

Quando la dinamite è congelata, essa mette lunghissimo tempo a disgelare se è conservata in pacchi, per ciò si deve ben osservare, prima di impiegare delle cartucce che soggiornarono per qualche tempo a temperatura inferiore a 10°, che la dinamite sia ritornata perfettamente pastosa, altrimenti occorre farla disgelare prima di impiegarla.

La Società Italiana prodotti esplodenti di Milano fabbrica delle dinamiti incongelabili al nitracene, che costando presso a poco come le altre, dovrebbero essere preferite nelle località fredde, specialmente nella stagione invernale. Dinamiti poco gelive si usano nella Svezia, addizionando all'ordinaria gomma esplosiva dell'azotato d'ammonio e qualche centesimo di nitrobenzina.

CAPITOLO VI.

Lavori di attacco.

Abbattimento delle roccie — Senza esplosivi - scavatrici - draghe - abbattimenti idraulici - dissoluzioni - macchine solcatrici - filo elicoidale - Cogli esplosivi - mine speciali - perforazione ordinaria a mano delle mine - perforazione meccanica - perforatrici a rotazione - a percussione - Lavoro colle perforatrici.

Abbattimento delle roccie.

217. Secondo la resistenza che presentano ad essere intaccate, si distinguono le roccie in cinque categorie, e cioè:

Roccie *sciolte*	durezza	5	sabbie, argille, ecc.
Roccie *tenere*	»	20	tufi, carbon fossile, ecc.
Roccie *semidure*	»	40	calcari, dolomie, ecc.
Roccie *dure*	»	70	gneiss, schisti cristallini, ecc.
Roccie *durissime*	»	100	graniti, quarzo filoniano, ecc.

218. **Abbattimenti senza esplosivi.** — *Roccie sciolte e tenere.* — Non è il caso di accennare ai metodi che servono per abbattere le roccie friabili nelle coltivazioni a cielo aperto, perchè le particolarità di tali abbattimenti rientrano piuttosto nei metodi generali di coltivazione.

Gli strumenti che generalmente si usano nell'abbattimento sono il piccone ed il badile: In roccia tenera, che si può attaccare col piccone, il costo dell'abbattimento può variare da 0.10 a 0.70 il metro cubo misurato sul posto. È però difficile dare cifre in argomento, variando oltremodo il lavoro da caso a caso.

L'abbattimento ottenuto per *frana* riesce evidentemente eco-

nomico, perchè il materiale scoscende a piè d'opera per effetto della gravità.

Questo metodo è applicabile, quando le condizioni topografiche lo permettono, alle formazioni sciolte a frammenti incoerenti, cui se ne scalza il piede in guisa di far franare il materiale sovrastante: talvolta, per produrre tale movimento, si trae partito della stagione delle pioggie, o dei geli e degli sgeli; verso la fine di autunno si prepara la fronte ripida, e nella primavera si raccoglie il materiale scosceso.

Questo metodo di scavo per franamento si usa anche nelle coltivazioni sotterranee, quando s'incontrano formazioni di per sè franose: con una galleria aperta nelle roccie solide incassanti e ad una conveniente profondità, si giunge alla formazione da coltivare e coll'aiuto della pala il materiale viene tolto dalla frana e caricato sopra i vagonetti che circolano nelle gallerie. Scalzando così alla base il giacimento, esso scoscende ed in certo modo effluisce regolarmente all'estremo della galleria, disponendosi in pendenza secondo la sua scarpa naturale. Evidentemente la galleria sarà stata aperta in relazione alla posizione che occupa il giacimento franoso per rispetto alle formazioni che lo comprendono, in modo cioè che il materiale possa in certo modo giungere con continuità nella galleria. Così, ad esempio, molte volte conviene arrivare colla galleria di presa del materiale al letto del giacimento franoso che si vuole coltivare.

219. Nelle escavazioni a giorno importanti, specialmente in America, l'abbattimento si effettua impiegando le *scavatrici meccaniche*. Si prepara un fronte di scavo di qualche metro di altezza: lungo esso si stabiliscono due binari paralleli, e mentre sull'uno scorre la scavatrice, sull'altro scorrono i vagoni destinati a ricevere direttamente il materiale scavato. Un tipo di scavatrice è ad es. il seguente: una gru girevole, montata su un vagone, muove una cassa a labbra taglienti: questa scorrendo sul fronte di abbattimento, si riempie di materiale, che poi versa nei vagoni all'uopo disposti sul vicino binario.

220. Le *draghe* rendono utilissimi servigi per le alluvioni aurifere, sia in Siberia, come nella Nuova Zelanda, nella Colombia, ecc. — Nella Carolina del Sud sono adoperate per scavare fosfati: in Europa presso Brühl, fra Bonn e Colonia, servono per scavare la lignite e presso Danzica per l'ambra.

Nelle coltivazioni aurifere, alla draga montata su barconi, fa seguito un separatore per grossezza, nel quale si compie il com-

pleto lavaggio del materiale grossolano. Il materiale fino, che è aurifero, passa negli *sluices*, che sono larghi tubi di costruzione appropriata che servono per trattenere coll'amalgamazione l'oro. Questi tubi si dispongono con una lieve inclinazione (circa 12^0) affinchè le particelle d'oro non siano portate via dalla corrente: l'oro, trovando sul fondo degli *sluices* del mercurio, si amalgama, ed è così trattenuto, mentre il materiale reso sterile, sia grossolano come fino, viene eliminato. Se la dragatura si compie in un fiume, rimontandolo, gli sterili del trattamento sono trascinati a valle dalla corrente, ma se invece la draga lavora in laghi, è necessario provvedere oltre che allo scavo anche alla accumulazione degli sterili, che si compie con degli elevatori montati sugli stessi barconi, poichè il materiale sterile, dopo il trattamento, occupa un volume maggiore di quello che misurava quando trovavasi in posto sul fondo del lago.

Nella fig. 45 è rappresentata una draga sostenuta da un pontone ancorato con corde. La draga a secchie scava il fondo del bacino e porta il materiale ad un classificatore ed allo *sluice* cilindrico che trattiene l'oro e dà lo sterile all'elevatore.

Questi pontoni hanno $40 \div 50$ metri di lunghezza, e la forza necessaria ai meccanismi ed alle pompe, se non è prodotta sul pontone stesso con caldaie, viene condotta elettricamente, utilizzando in generale le forze idrauliche di cui dispone la regione.

Si è provato in alcune coltivazioni aurifere a sostituire alla draga una potente pompa aspirante, che solleva coll'acqua il materiale, ma questo sistema non riuscì applicabile che alle alluvioni relativamente a piccoli elementi in Australia. — L'usura delle pompe è assai forte.

221. Le grandi alluvioni aurifere di California — che si conservarono fino ai nostri giorni perchè ricoperte superiormente da colate basaltiche — sono coltivate economicamente mediante getti d'acqua sotto pressione, che disgregano la massa sabbiosa: l'alluvione viene così convogliata coll'acqua in lunghi *sluices* ove l'oro si amalgama. Però in alcune regioni, come nel Sacramento, queste coltivazioni furono vietate per l'insabbiamento che causavano nelle valli.

L'acqua raccolta in bacini elevati è condotta con tubazioni alle lancie di getto (fig. 46) dette *monitors*. Le valvole di chiusura dei monitors si trovano in prossimità dei bacini per sottrarle all'azione delle forti pressioni: I comandi si trasmettono con telefoni portatili a chi le manovra.

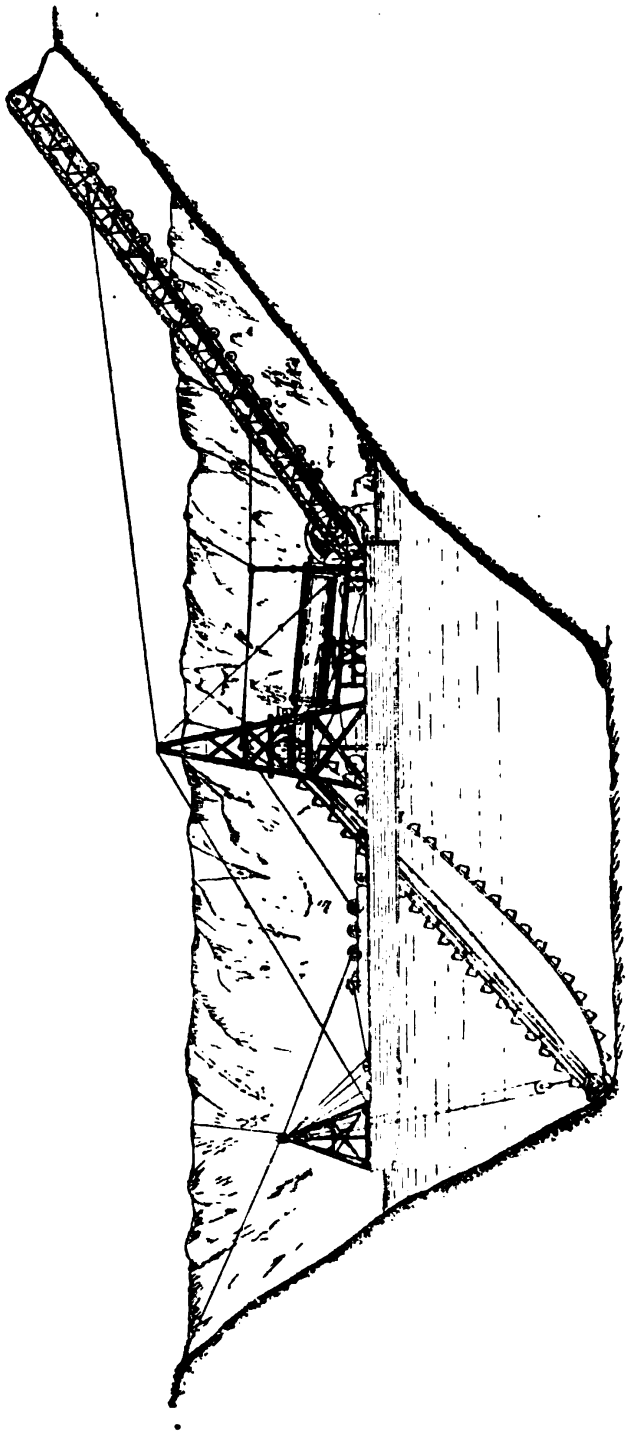


Fig. 45. — Draga aurifera della Nuova Zelanda che passa 140 m³ di materiale scavato all'ora da circa 15 m. di profondità.

Gli *sluices* in California sono dei lunghissimi canali in legname che presentano un falso fondo, costituito da pietre e da legnami, negli interstizi del quale si trova il mercurio destinato ad amalgamare, e quindi a trattenere le particelle d'oro.



Fig. 46.

Il metodo di scavo *con getti d'acqua* fu applicato anche al Canadà e più tardi nell'Australasia per le alluvioni stannifere e da qualche anno anche nella Slesia per convogliare economicamente nelle miniere di carbone il materiale di ripiena.

222. Un metodo indiretto di abbattimento coll'acqua, di cui parleremo avanti, è quello usato in alcune miniere di sale: S'introduce l'acqua per disciogliere il sale, poscia con una pompa si estrae l'acqua salata che si fa evaporare.

Questo metodo è impiegato in diversi punti dell'Inghilterra, e specialmente presso Middlesborough, ove si convogliano, mediante perforazioni, le acque del sottosuolo a contatto della formazione salina sottostante.

La soluzione di sale viene poscia sollevata, lungo un tubo immerso nel sondaggio, alla superficie ed evaporata.

Nell'Austria, in Germania, nella Svizzera ed in Francia si coltivano pure per dissoluzione parecchi giacimenti di sale.

Si può infine accennare al metodo Frasch per la fusione *in situ* dello solfo. Esso rientra, in certo modo, nei sistemi di coltivazione per soluzione: la soluzione della massa è però ottenuta col calore.

223. *Roccie semidure.* — In questi abbattimenti lo strumento a mano per eccellenza è il piccone.

Negli scavi a giorno il costo dell'abbattimento dipende, oltrechè dalla durezza, essenzialmente dalla stratificazione e dei sistemi di frattura delle roccie, che possono rendere più o meno favorevole, l'abbattimento. Così, ad esempio, i piani di stratificazione si possono presentare come facili piani di divisione da utilizzarsi nell'abbattimento e ancor più utili riescono se essi sono attraversati da fratture normali alla stratificazione, ecc.

Nell'abbattimento a cielo aperto delle roccie si deve quindi tener conto della stratificazione per intraprendere lo scavo nella direzione più conveniente.

L'attacco delle roccie semidure col semplice piccone riesce

però, specialmente alla superficie del suolo, relativamente costoso, perchè un manovale in terreno compatto col piccone non riesce a scavare nelle ordinarie condizioni oltre $2 \div 3$ m³ al giorno. Si cercò quindi di valersi nell'abbattimento di queste roccie, per quanto poteva riuscire possibile, di mezzi meccanici.

In Inghilterra, ma sopratutto in America, le roccie semidure quando sono orizzontalmente stratificate si tagliano quasi esclusivamente con macchine: Delle specie di locomotive scorrono su binari posati sullo strato, lo solcano mediante sbarre d'acciaio foggiate a scalpello che esse portano ai fianchi, e ripassando più volte sulla stessa strada, producono così degli intagli profondi. Spostando i binari, tali intagli si possono ripetere a distanze convenienti, e magari incrociarli, facilitando così lo stacco della roccia in forma di conci regolari. La *Wardwell*, la *Sullivan*, la *Ingersoll*, ecc., sono macchine di questo tipo, che gli Inglesi indicano col nome di *channels*. (Channel significa scalanatura). Questo sistema è largamente adottato per ottenere con poca spesa e senza spreco di materiale, blocchi regolari per costruzione: esso, inoltre, servì per l'apertura di canali profondi in roccie calcaree stratificate: ad esempio per quello di Chicago lavorarono 33 macchine Ingersoll e 53 Sullivan. Le macchine intagliano le roccie sia verticalmente, come anche con inclinazione di 45°; esse sono mosse da caldaie installate sulle macchine stesse, oppure da aria compressa.

Le Ingersoll-Sergeant nel calcare oolitico tenero segano per giorno 18 mq.: in arenarie dure 5 mq.: esse richiedono l'assistenza di due operai ed il consumo di mezza tonnellata di carbone al giorno per macchina.

224. Altre macchine, basate sullo stesso principio di solcare, cioè, la roccia mediante un utensile che la intacca secondo determinate direzioni, consistono essenzialmente in un lungo albero filettato a vite, il quale si dispone parallelamente al piano della roccia e nella direzione del taglio che si vuole praticare; lungo esso scorre, per effetto della rotazione dell'albero a vite, un robusto scalpello; questo, disposto a conveniente angolo, solca la roccia perchè mantenuto nel suo piano da guide laterali fisse. Invertendo il senso di rotazione dell'albero a vite, si inverte il senso del movimento dello scalpello. Queste sbarre sono proprie di alcune cave americane. Macchine analoghe funzionano nel paese di Galles e nel Belgio.

225. Nelle miniere di carbone di alcune contrade sono largamente impiegate delle macchine dette *haveuses* o *coals cutters*, de-

stinate a fare *sottoscavi* negli strati di carbone. — Quando gli strati sono regolari e di una certa potenza, l'abbattimento del carbone si può rendere assai economico, ottenendolo inoltre in pezzi piuttosto grossi, col praticare nello strato un solco, che penetra per un certo tratto nel carbone, in modo da isolarne la parte superiore da quella inferiore: il carbone è poi facilmente staccato dai minatori armati di piccone.

Nell'Europa continentale tale solco, che i francesi chiamano col nome di *haverie*, è compiuto con un piccone speciale dal minatore stesso, che lavora coricato sul fianco, quasi nel piano del solco che apre. In America, dove la mano d'opera è cara, ed in Inghilterra, ove gli strati sono regolari e pianeggianti, il solco o scavo viene invece aperto meccanicamente colle *haveuses*.

Le haveuses sono mosse generalmente ad aria compressa: talvolta sono elettriche. Esse furono inventate ed applicate nel 1860 in Inghilterra per riparare alla mancanza di mano d'opera nelle miniere di carbone, dovuta ai grandi scioperi scoppiati in quella epoca.

Fra i diversi tipi oggi in uso accenneremo i seguenti:

a) haveuse a catena: una catena continua, munita di denti, si dispone tesa e si mette in movimento contro il carbone da segare. I denti sono applicati in modo da praticare nel carbone un intaglio di circa 12 cm. d'altezza, sufficiente, cioè, perchè il telaio, che porta la catena tagliente, possa penetrare nell'intaglio stesso.

b) haveuse a disco: sono costituite da un disco che ruota attorno ad un asse e che porta alla periferia 20 ÷ 25 coltelli di acciaio: naturalmente la macchina può spostarsi lungo il fronte del carbone e praticare così una solcatura continua, indefinita, che penetra nel carbone per una larghezza eguale circa al raggio del disco.

Di tipo analogo sono le haveuses nelle quali una sbarra cilindrica munita di denti, ruotando attorno al proprio asse, rode il carbone contro il quale appoggia.

c) haveuse a percussione od a rotazione: sono analoghe alle grosse perforatrici: invece di una solcatura continua, praticano una serie di fori vicini l'uno all'altro: i diaframmi di separazione sono poi distrutti dalle macchine stesse.

Le haveuses a disco sono di preferenza applicate dove corrono lunghi sottoscavi: le altre dove i cantieri sotterranei non sono molto estesi.

226. Nelle fig. 47 e 48 si vedono praticati alcuni sottoscavi negli strati in coltivazione: Nella fig. 47 la coltivazione dello strato di

carbone favorisce la successiva coltivazione del banco di siderite soprastante. Nella fig. 48 ad un sottoscavo praticato alla base, fa riscontro una solcatura aperta a tetto, per facilitare lo stacco del carbone.

Talvolta il sottoscavo non interessa il minerale, ma le roccie sterili intercalate: così nelle fig. 49 e 50 il minatore toglie la vena *B* di schisto, realizzando in tal modo il doppio vantaggio di facilitare l'abbattimento del carbone e di ottenerlo privo di sterile. In queste operazioni di sottoscavo, fatte negli strati di carbone col piccone, si deve porre grande attenzione alla direzione delle fessure che lo strato presenta, per potere sostenere opportunamente la massa di carbone durante lo scavo. Così nella figura 49 essendo nota l'esistenza di rotture E R, il minatore opportunamente s'assicurò dell'inopinata caduta del masso superiore, mediante i legni T ed I. Nella fig. 50 il minatore assicurò con tre appoggi la parte superiore al sottoscavo. In Francia le fratture che pendono verso l'operaio prendono semplicemente il nome di « giunti »; quelle che hanno direzione opposta sono indicate colla aggiunta: « del diavolo » perchè sono sovente causa di sinistri. È evidente, infatti, dalle due figure sopraripportate, che se non si fosse riconosciuta l'esistenza di giunti del diavolo, e non si avesse disposto opportuni sostegni, sarebbero occorsi in entrambi i casi stacchi inopinati di carbone.

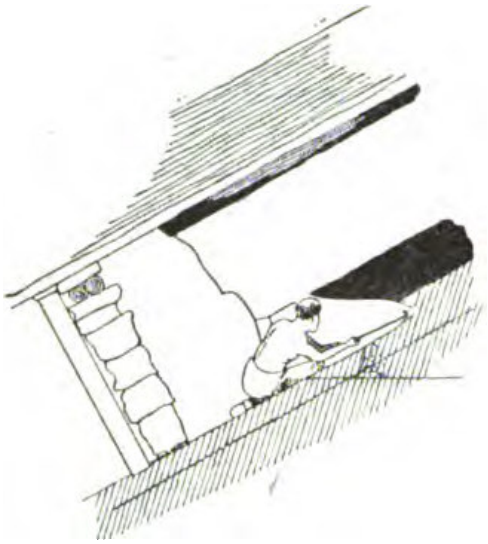


Fig. 47.

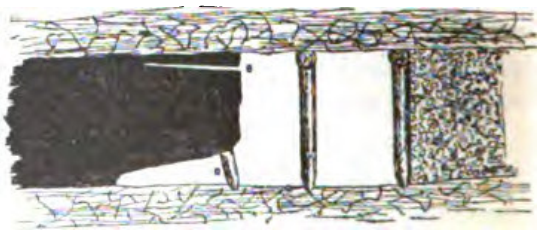


Fig. 48.

227. *Roccie dure e durissime.* — Nelle cave di marmo, di ardesie, di calcari, ecc., dove conviene impedire lo spreco del materiale, trova per l'abbattimento assai utile impiego il *filo elicoidale;* esso è costituito da una fune continua a tre fili elementari

di acciaio, mantenuta tesa contro la roccia lungo la quale si fa scorrere rapidamente: disponendo della sabbia silicea con acqua lungo il filo, essa, per le eliche del trefolo, assume un moto vorticoso tale da segare la roccia. La fune d'acciaio è di 4 ÷ 5 mm. di diametro: misura 200 ÷ 300 metri di sviluppo, e si muove con velocità di 5 ÷ 6 metri al secondo. Alcune puleggie folli la sostengono dal suolo; una puleggia motrice, in generale mossa da un motorino a petrolio od elettrico, comunica il movimento. Nel tratto di 6 ÷ 8 metri, lungo il quale deve funzionare il filo contro la roccia, si dispongono opportunamente altre puleggie per mantenere il contatto.

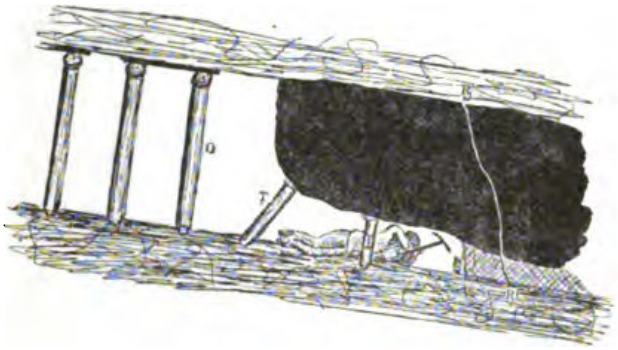


Fig. 49.

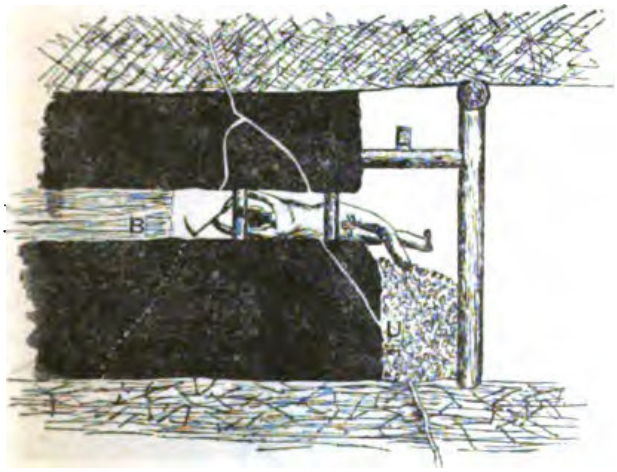


Fig. 50.

Il collocamento di queste puleggie richiedeva in passato l'apertura di pozzi costosi nella roccia. Tale difficoltà è stata superata dal signor Monticolo colla *puleggia penetrante*, fortunato complemento al sistema, che così ebbe larga applicazione.

Nella fig. 51 è rappresentata la disposizione della puleggia penetrante, quale il signor Monticolo l'applicò a Carrara. Nella figura si vede la puleggia che penetra nella roccia, sostenuta da un'asta tubolare di ferro, che può man mano abbassarsi. Una puleggia superiore serve di rimando al filo elicoidale. La puleggia è costituita da un disco a gola, di acciaio, e perchè la gola conservi la sua forma malgrado il turbinare della sabbia silicea, un

taglio praticato nel piano del disco, a metà spessore, permette alla gola di riprodursi continuamente alla periferia del disco.

Il disco è tenuto per mezzo di un alberetto centrale ad una

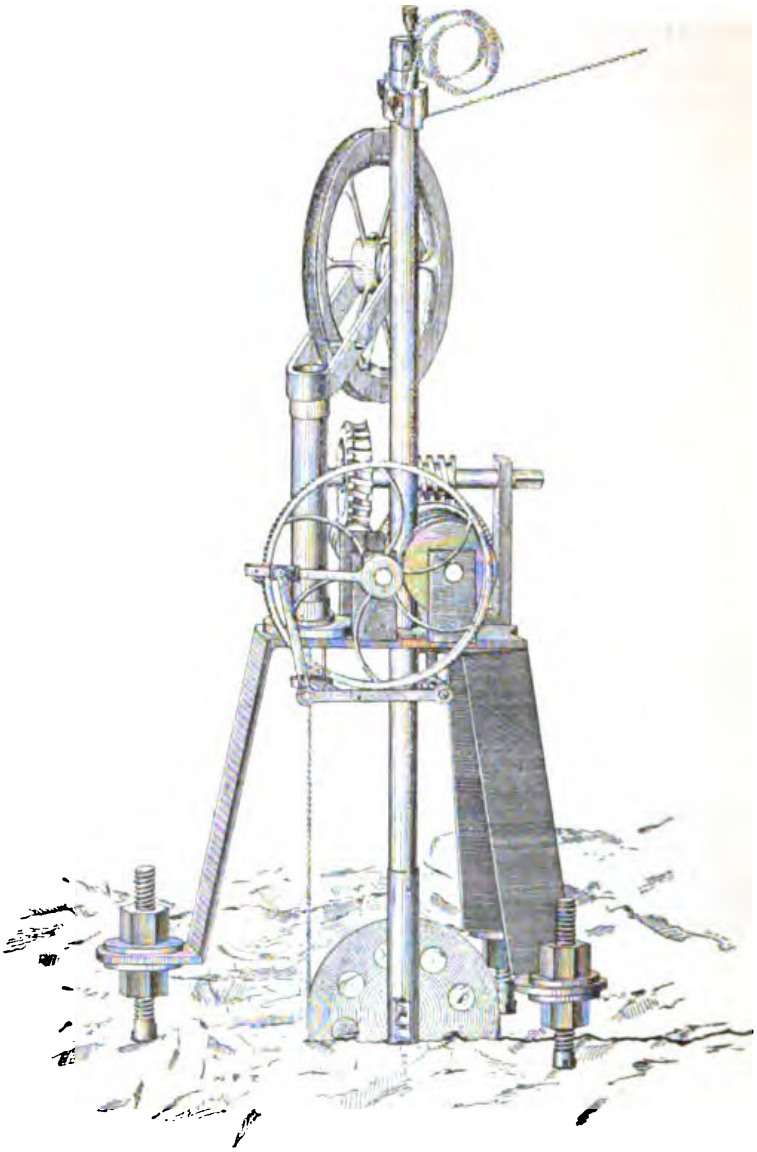


Fig. 51.

forchetta, ricavata nell'asta tubulare: i perni sono collocati in supporti chiusi a lubrificazione automatica. È evidente che la puleggia, armata alla periferia del filo elicoidale, intacca nel suo movimento la roccia, nella quale affonda, ma la forcella e l'albero che sop-

portano la puleggia, non potrebbero penetrare nel terreno, se in esso non si fosse prima praticato, nel piano del taglio che si vuole eseguire, un opportuno foro. Questi fori si aprono semplicemente con barremine o con perforatrici. — La puleggia penetrante fu applicata dapprima nel Carrarese, poi s'introdusse nel Belgio, in Francia, in America, ecc.

228. **Abbattimenti cogli esplosivi.** — Le roccie stratificate si abbattono facilmente, attaccandole secondo l'inclinazione della stratificazione: in tali casi devesi però osservare che se l'inclinazione è forte, possono avvenire pericolosi distacchi e scorrimenti di lastroni; allora conviene scegliere per l'attacco una pendenza intermedia.

Sovente nei lavori a cielo aperto le roccie stratificate si abbattono con leve e con cunei; negli scavi sotterranei si ricorre di preferenza alle mine, le quali, del resto, sono largamente usate anche nei lavori superficiali quando la durezza della roccia lo richiede. Nei lavori all'aperto si adopra generalmente la polvere nera.

Se la roccia stratificata è libera nella sua parte superiore, giuocano assai bene i colpi leggermente montanti, disposti secondo il piano della stratificazione: Se la roccia, stratificata orizzontalmente, è invece chiusa fra altre, converrà scaricarla in alto con dei colpi di mina diretti normalmente ai piani di stratificazione, cui faranno seguito, come nel caso precedente, dei colpi inclinati secondo gli strati.

Il *sottoscavo* e *soprascavo* che si praticano negli strati, hanno appunto per effetto di alleggerire il materiale dello strato in guisa di facilitarne il successivo abbattimento con dei colpi diretti secondo il piano dello strato. In tal modo si ottiene anche una forte proporzione di grosso.

Il costo dell'abbattimento in questi casi varia moltissimo colla natura della roccia, colla sua stratificazione, col modo di presentarsi, coll'ampiezza del fronte libero della cava o del cantiere sotterraneo, e infine col modo di condurre il lavoro.

In una cava di schisto di qualche ampiezza, ove la stratificazione si presenta abbastanza buona, nella fronte d'abbattimento 1 m^3 di scavo a mano può costare L. 1.40 ÷ 1.70, compreso il costo della polvere.

Ecco un esempio di costo in una cava non molto grande che coltiva con perforatrici un banco di calcare di circa m. 1,50 di potenza.

Per l'abbattimento di 40 m³ di roccia *in posto* al giorno:

Spese di mano d'opera (5 persone)	L. 15.00
» per 12 kg. di dinamite a 40 % di gelatina e capsule	» 36.00
» » $^{2}/_{3}$ tonn. di carbone per le perforatrici	» 18.00
» » 2 litri di lubrificante	» 2.50
Totale	L. 71.50

e cioè circa L. 1,80 per m³. A queste spese bisogna poi aggiungere L. 0,10 per m³ per riparazione ferri e L. 0,10 per consumo d'acciaio e d'utensili, per cui complessivamente il costo d'abbattimento si può ritenere di circa L. 1,40 al m³ di roccia abbattuta, nel caso speciale indicato.

Nelle roccie non molto dure, come gesso, creta, sale, le perforatrici a mano possono convenire rispetto alle perforatrici meccaniche. Alcune perforatrici a mano costano meno di 100 lire e triplicano comodamente il rendimento dell'operaio.

229. *Grandi abbattimenti.* — Quando la cava si presenta in condizioni favorevoli, possono utilmente impiegarsi metodi speciali per abbattere grandi quantità di materiale: così a Rio Tinto, ove la costa è intagliata in grandi scalinate, sotto ogni gradino si aprono delle ampie gallerie, le quali facilitano poi l'abbattimento della roccia sovrastante. Oppure, impiegandosi perforatrici meccaniche, si possono aprire al piede del gradino, in senso orizzontale, dei lunghi colpi a cui se ne fanno corrispondere altri in senso verticale a conveniente distanza dal ciglio: il brillamento simultaneo delle mine così disposte, provoca lo scoscendimento del gradino.

Se il fronte della cava è molto elevato, od è quasi verticale, si può procedere nel seguente modo: si intesta al piede una serie di corte gallerie, e disposte in esse una certa quantità di esplosivo, si chiudono convenientemente: si provoca poscia l'esplosione e così si scalza al piede il fronte di taglio e se ne determina lo scoscendimento. Si pratica invece un solo fornello da mina, quando si deve far scoscendere una grande massa. Sono precisamente queste grandi mine che prendono il nome di *mine a fornello*, o *varate:* come abbiamo detto, esse si ottengono collocando, per mezzo di una galleria che viene poscia accuratamente murata, una quantità conveniente di esplosivo sotto la massa di roccia che si vuole dislocare o rompere.

230. Prima che entrasse nella pratica l'impiego degli esplosivi

per lo stacco dei massi, si ricorreva a mezzi speciali per ottenere effetti analoghi, sebbene di gran lunga meno potenti: generalmente s'adoprava del legno secco o della calce viva, che sotto l'azione dell'acqua, aumentando di volume, provocano sforzi in molti casi sufficienti per ottenere lo stacco dei massi di roccia.

Praticata quindi la serie di fori nella roccia, lungo il piano nel quale si voleva provocare la rottura, si introducevano in ogni foro, battendoli a rifiuto, dei cunei e delle scheggie di legno ben secco, che poi si inumidivano; oppure si caricavano i fori con della calce viva, lasciando nella carica uno spillo di ferro che era poscia ritirato. Nel canaletto che così rimaneva aperto nella massa di calce, si iniettava dell'acqua: la calce, idratandosi, aumentava di volume, determinando sulle pareti del foro degli sforzi non indifferenti: A tutti è noto, infatti, che un grano di calcare, rinchiuso in un mattone, ne provoca la rottura per l'idratazione.

L'attacco delle roccie dure il più sovente è fatto cogli scalpelli e coi cunei, quando specialmente si tratta di ottenere blocchi regolari: così si ricorre a questo metodo per dividere regolarmente i blocchi di granito. Gli scalpellini sogliono praticare, nel piano di divisione che si vuol provocare, una serie di fori poco profondi, nei quali trovano posto altrettanti cunei: Battendo successivamente sulle teste dei cunei in modo da forzarli nei fori, si ottiene facilmente la divisione voluta del blocco di pietra. Questo sistema presuppone naturalmente alcune proprietà speciali della pietra, fra cui una relativa omogeneità: esso quindi non è applicabile con tutte le roccie.

Anzichè gli ordinari cunei, per abbattere le roccie talvolta se ne usano di meccanici. — Essi sono particolarmente applicati in alcune miniere di carbone con grisou, nelle quali non si possono far brillare le mine.

Questi cunei prendono il nome di *aghi infernali*: Praticato un ordinario foro nella roccia con la mazzetta e col fioretto, oppure con la perforatrice, in esso s'introduce per la testa un lungo cuneo di ferro, che è accompagnato da due zeppe semicilindriche: tirando poscia il cuneo dalla parte del tagliente per mezzo di una vite, cui la madrevite forza contro la roccia, esso preme le zeppe contro le pareti del foro, provocando così il distacco del masso.

231. **Mine speciali.** Quando con mine non molto importanti non si vuole frantumare eccessivamente la roccia e si vuole evitare di produrre nei pezzi delle incrinature, che potrebbero risultare dannose per le applicazioni cui i pezzi sono destinati, si adoperano

esplosivi deflagranti e generalmente della polvere nera. — Le mine, che nelle roccie calcari possono essere del tipo acidato, si fanno sottocariche e cioè deficenti rispetto alla massa di roccia che devono scuotere: si provocheranno così coll'esplosione nel masso delle semplici fessure, senza effetti dirompenti. Si ricaricano con nuova polvere le stesse mine, si fanno brillare una seconda volta, poi una terza e così via fino a che si sarà ottenuto l'effetto voluto. Gli è evidente che la polvere, insinuandosi dopo ogni colpo nelle fessure praticate nella roccia dal colpo precedente, tende principalmente ad allargarle senza provocarne altre. La borratura va fatta sempre leggerissima. Queste mine sono con *polvere di mezzo*.

232. Da qualche anno negli Stati Uniti per ottenere con dei tagli secondo direzioni volute nelle roccie, i massi regolari che servono per le costruzioni, si adopra il metodo che porta il nome dell'inventore Knox, e che consiste nell'aprire con una perforatrice, oppure a mano, un certo numero di fori nel piano che dovrà essere di rottura, a conveniente distanza l'uno dall'altro; con uno strumento adatto si rendono poscia tali fori di sezione ellittica, disponendo l'asse maggiore nel piano secondo il quale furono praticati i fori: Si caricano con polvere nera e sopra la carica si colloca, a formare una camera d'aria, della paglia: si fa la borratura con terra grassa o sabbia solo all'imboccatura del foro.

Preparate così le mine nel piano in cui si vuole praticare il distacco della roccia, l'esplosione simultanea della serie provoca la rottura della roccia precisamente secondo il piano voluto. Naturalmente si può così anche ottenere il distacco completo di un blocco, provocando diversi piani di rottura.

Nelle arenarie i fori si possono aprire a 3 metri l'uno dall'altro: nel calcare a circa 1 m. ÷ 1.20. A Buffalo, nel Conneticut, dove questo metodo è largamente usato, i fori hanno da 50 a 60 mm. di diametro: sono profondi 3 ÷ 5 metri e si caricano con meno di 1 chilog. di polvere nera. Un blocco di pietra, per dare un esempio, che misurava 60 m. di lunghezza, 6 metri di larghezza e 3 di spessore e che pesava 2450 tonn. fu sbalzato con una volata di 52 mine Knox caricate con 35 chili di polvere.

Questo metodo, che ora non è più coperto da brevetto, potrebbe essere vantaggiosamente impiegato in alcune nostre cave.

233. Pure negli Stati Uniti, a Cobleskill N. Y., si usa per ottenere lo stesso scopo, di rompere, cioè, regolarmente alcune roccie, praticarvi una serie di fori di circa 1.20 di profondità, riempirli per $^3/_4$ d'acqua e poscia, collocato un tappo contro l'acqua, si

caricano come ordinarie mine con polvere nera, intasandole superiormente.

In alcune cave di granito, pure in America, si praticano con una perforatrice due fori iniziali accoppiati, disponendoli l'uno vicino l'altro nel piano che sarà di rottura. Caricate queste mine, si fanno brillare assieme: esse determinano nella roccia una frattura iniziale, che poi si prolunga man mano, mettendo nella direzione altre mine accoppiate due a due nel modo detto in precedenza.

Condotte ad es. in questo modo due fratture verticali *a a-b b* parallele, ad una certa distanza fra loro nella roccia, si può liberare in senso normale una faccia della roccia stessa, ed individuare così un prisma, che verrà poi diviso con altre serie di mine in regolari blocchi parallelepipedi. A questo scopo si praticano normalmente ad *a a-b b* due file di fori *c c* parallele, cui si rompono in seguito con dinamite i diaframmi. Riesce così aperta una larga solcatura e disponendo poi opportunamente nuove file di mine a conveniente distanza da quelle *c c* si riesce a dividere successivamente in blocchi il granito.

234. *Ampiezza degli abbattimenti sotterranei.* — L'attacco delle formazioni poco dure nei lavori sotterranei riesce soventi assai costoso, per la quantità di legname occorrente per mantenere aperto lo scavo e per proteggere gli operai dai sinistri: tanto che pel forte consumo di legname, riesce molte volte più costoso l'abbattimento di roccie tenere, facili ad abbattersi, che non di roccie più resistenti: A rendere meno forte tale inconveniente, si cerca naturalmente, in tali casi, di applicare metodi che richiedono poco legname nelle coltivazioni.

Lo scavo riesce economico se è fatto in grande ampiezza, avvicinandosi così nel lavoro alle condizioni degli scavi a cielo aperto. — Le grandi camere sotterranee sono però possibili solo con alcune roccie, come il salgemma, l'ardesia, ecc., le quali presentano grande solidità: Talvolta in questi scavi è necessario sorvegliare continuamente la corona dello scavo, per seguire il progredire delle fratture e far cadere i pezzi di roccia che man mano minacciano di staccarsi. All'uopo, nelle fessure che presenta il cielo dello scavo, si stabiliscono delle *spie* di cemento o di sego, che rendono ben visibile ogni nuova incrinatura od il propagarsi delle antiche, e permettono così di seguire i movimenti del tetto e precorrere il distacco inopinato di massi, col provocare direttamente la caduta di quelli che si mostrano staticamente compromessi.

235. Allorchè non sono possibili ampie camere sotterranee, l'abbattimento del materiale riesce più difficile e di minor resa il lavoro, che raggiunge, in formazioni molto dure, il costo di 15 ÷ 20 lire e più al metro cubo di roccia in posto. Le ordinarie gallerie aperte in roccie semidure di 4 m^2 di sezione, costano da 15 ÷ 25 lire il metro corrente di sola mano d'opera: Nelle coltivazioni della lignite con larghe gallerie, l'abbattimento può costare soltanto 0.50 ÷ 0.90 il m^3; nelle coltivazioni di solfo della Romagna il costo del minerale abbattuto può variare da L. 4.50 a L. 7.50 il metro cubo; nelle coltivazioni filoniane da L. 10 a L. 25 il metro cubo di roccia abbattuta, ecc. — Nelle miniere di carbone la resa dell'operaio varia assai secondo l'altezza e la larghezza del cantiere in cui lavora, e secondo la stratificazione del carbone, e secondo anche il metodo di lavoro; inoltre le variazioni sono sensibilissime da caso a caso, in dipendenza dell'abilità professionale del minatore: così mentre in una vena di 0.70 di potenza, praticando l'*haverie* un minatore può abbattere giornalmente 3.5 m^3 di carbone, in una vena priva di *haverie* l'abbattimento si riduce a 2 m^3. — L'impiego delle haveuses meccaniche ha fatto raddoppiare nelle miniere americane la produzione per minatore, la quale, mentre era di 3 ÷ 4 tonn. col lavoro a mano, con le macchine salì a 7 ÷ 8 tonn. al giorno per operaio.

236. **Foratura delle mine ordinarie.** — L'abbattimento delle roccie dure si compie quasi esclusivamente colle mine, le cui dimensioni variano secondo l'importanza degli scavi o la grossezza dei blocchi che si vogliono produrre.

Le dimensioni estreme delle ordinarie mine, che si praticano nelle cave e nelle miniere, variano fra limiti molto ampi.

Negli Stati Uniti, ad es. si ottiene la regolarizzazione dei grossi blocchi di granito in molte cave con deboli mine, praticando dei piccoli fori con perforatrici ad aria compressa, analoghe alle Franke (v. fig. 53).

Nelle cave di granito di Baveno invece i fori delle mine, che sono colà praticati a mano, sovente raggiungono 12 m. di lunghezza ed hanno diametri di 8 ÷ 10 cm. Sono aperti da compagnie di quattro minatori munite di una piccola fucina. Si adopera un fioretto quadro di 40 mm. di lato, lungo inizialmente 50 cm. che ad un estremo è foggiato a scalpello: man mano che progredisce il foro da mina, si allunga il fioretto, saldandovi delle aggiunte. Il fioretto è percosso con una mazza del peso di 6 kg. A seconda della lunghezza i fori sono pagati da L. 25 a L. 60

il metro; in media 30 lire al metro corrente se il diametro è di 80 mm.; 40 lire al metro corrente se il diametro è di 100 mm.

Le mine sono caricate con polvere nera ricca di nitro, trattandosi di roccia dura, e col sistema delle polveri di mezzo per ottenere dei blocchi sani. Nell'intesto delle mine e nella successiva riquadratura si ha riguardo ai *peli*, ossia ai piani di divisione che presenta il granito. Nei graniti massivi di Baveno vi è un sistema di peli a piani ortogonali tra loro, che facilita assai l'abbattimento.

Fra queste mine di dimensioni estreme, che si praticano solo eccezionalmente in alcune lavorazioni, si trovano quelle che sono d'impiego comune nelle cave e miniere, di m. 0.80 ÷ 1.40 di lunghezza e di 30 ÷ 40 mm. di diametro, di cui tratteremo ora particolarmente.

L'apertura dei fori da mina può praticarsi, come si disse, col lavoro a mano o con delle perforatrici meccaniche.



Fig. 53.

Il lavoro a mano può compiersi colla mazzetta e pistoletto, con barremine, oppure coll'aiuto di perforatrici a mano.

Il lavoro meccanico si compie con le perforatrici meccaniche, che a seconda della forza che impiegano, si distinguono in *perforatrici a vapore, ad acqua, ad aria compressa, a gas, ed elettriche.*

237. **Perforazione a mano.** — L'apertura dei fori può compiersi da un solo operaio, il quale maneggia il fioretto e la mazzetta, oppure da due operai, che si alternano nel tenere il fioretto e nel battere colla mazza, oppure da tre operai, uno dei quali tiene il fioretto, mentre gli altri due battono colle mazze.

Il lavoro colla mazzacoppia è sovente usato nei cantieri all'esterno; nei lavori sotterranei è in generale più conveniente il lavoro ad un solo operaio, ma tuttavia nei cantieri ampi ed in roccie dure la mazzacoppia dà pure all'interno ottimi risultati.

L'apertura delle mine si compie battendo colla mazzetta sul fioretto, tenuto in posizione opportuna: ad ogni colpo che è battuto, il minatore fa ruotare il fioretto attorno al suo asse di $^1/_8$ di circonferenza, allo scopo di ben calibrare il foro e di evitare l'inzeppamento del fioretto. Il *colpo* o *mina* si intesta con un fioretto corto e grosso, che poi si sostituisce con fioretti più lunghi man mano che si procede nella perforazione.

Un disco o rosetta di cuoio infilato sul fioretto protegge l'operaio nel lavoro.

Coi fioretti di 22 mm. i fori da mina risultano di 30 ÷ 35 mm.

di diametro: la lunghezza di ogni colpo si spinge a m. 0.80, 1, 1.20 a seconda della durezza della roccia.

Quando occorrono colpi più lunghi, o le roccie sono tenere ed elastiche, conviene l'impiego delle barremine.

Riguardo al diametro dei fori, si osserva che il rendimento maggiore nel lavoro si ha coll'impiego di fioretti leggeri, e quindi sottili, e con mazze pesanti; evidentemente poi la pratica impone dei limiti nelle dimensioni degli utensili che non conviene sorpassare.

Il tempo necessario all'apertura dei fori da mina varia fra limiti amplissimi secondo l'abilità del minatore, la natura e qualità della roccia che si attacca e la posizione ed inclinazione del colpo che si intesta: Oltre a ciò influiscono le condizioni del cantiere. In quarzo molto compatto un abile minatore può fare in media un metro di mina in otto ore di lavoro: in generale però si arriva a non più di 80 ÷ 90 centimetri. Nel calcare compatto (non quarzoso) un minatore può aprire due colpi di m. 0.80 l'uno in una giornata, e nelle arenarie due colpi e mezzo o tre colpi, come pure nei calcari, provvedendo anche, naturalmente, prima di intestare i colpi, al *disgaggio* del cantiere, smuovendo, cioè, dal fronte il materiale sconnesso dalle mine precedentemente esplose, e facendo cadere i blocchi che si presentano in condizioni statiche poco rassicuranti nelle pareti od in corona dello scavo.

238. L'inclinazione dei colpi ha notevole importanza sul lavoro: i colpi che s'affondano prossimi alla verticale, progrediscono più rapidamente di quelli orizzontali, sia perchè la gravità aiuta l'azione del martello, sia perchè, in generale, il minatore si trova in posizione di lavoro comoda, sia perchè, infine, nel colpo si può mantenere l'acqua. I colpi più faticosi sono quelli orizzontali in corona; meno faticosi sono i colpi bassi montanti, poichè il minatore fa perno coll'omero nel maneggio pendolare della mazzetta.

Il rapporto fra l'avanzamento di un colpo intestato verticalmente dall'alto verso il basso e l'avanzamento di un colpo guidato quasi orizzontalmente è circa 2.

Durante l'approfondimento, il foro da mina viene ripulito dal detrito mediante la *curetta* o *nettamine* (fig. 53), specie di piccolo cucchiaio montato sopra un lungo e sottile manico che termina ad occhiello allungato.

Preparato il foro da mina, si procede alla pulitura, servendosi di stoppa infilata nell'occhiello della curetta, e poscia si carica il colpo con le speciali precauzioni del caso. (Vedi gli articoli 23 e successivi del Regolamento 18 Giugno 1899, n. 232).

Nella disposizione dei colpi di mina ha grande importanza l'abilità del minatore, il quale dovrebbe saper collocare ogni colpo in modo da ottenere il massimo effetto utile colla minima spesa di esplosivo. Nei lavori interni, specialmente negli avanzamenti, sovente la direzione dei colpi riesce obbligata: tuttavia il minatore può economizzare molto lavoro ed esplosivo, traendo utile partito dalle fratture e dai piani di minor resistenza offerti dalla roccia, dalla eterogeneità del minerale, e valendosi accortamente di tutte le circostanze favorevoli all'abbattaggio. È perciò che quando i minatori lavorano riuniti in compagnia, si incaricano i più esperti di stabilire la posizione e la direzione dei singoli colpi di mina che si dovranno praticare.



Fig. 53.

Questa oculatezza nello stabilire i fori da mina si rendeva particolarmente utile quando si impiegava la polvere nera, perchè data la forza limitata di questa, un colpo messo male dava poco o punto lavoro utile. Oggi, invece, si fa piuttosto affidamento sulla forza eccessiva dell' esplosivo: è certo però che sprecandone si ha una inutile spesa. In generale si consuma più dinamite del necessario. In alcuni paesi il consumo eccessivo di dinamite è tuttavia giustificato dal fatto che mentre la dinamite, non colpita da tasse, costa poco, il prezzo della mano d'opera è invece elevato. Da noi, essendo gli esplosivi relativamente cari, conviene por mente che i colpi siano sempre aperti in posizione opportuna: il minatore deve intestare il colpo, in relazione alla posizione del piano di minor resistenza che offre la roccia. — Quando si dispongono più colpi che si fanno partire successivamente, regolando, ad es. la lunghezza relativa delle miccie, si deve aver cura che ogni colpo *scarichi* il seguente, cioè lo renda maggiormente efficace.

Nelle fronti delle gallerie che si presentano come piani verticali, si stabiliscono nella parte mediana diversi colpi convergenti, destinati a creare un cono centrale, attorno al quale si dispongono poi, opportunamente inclinati, i colpi successivi, destinati ad allargare l'imbuto centrale.

Nei lavori alla superficie, cioè a cielo aperto, le mine assumono sovente maggior importanza che in miniera, e si praticano colla mazzacoppia oppure colle barremine. Le barremine realizzano il vantaggio, in confronto al lavoro colla mazza, di non disperdere forza viva per l'urto della mazza contro il fioretto.

239. *Lavoro con perforatrici a mano.* — Colla mazzetta e pisto-

letto l'apertura dei fori da mina avviene in condizioni non buone, perchè è male utilizzata la forza dell'uomo. Si cercò di migliorare le condizioni del lavoro e renderlo più economico, ricorrendo a speciali disposizioni meccaniche. Così ad es. all'azione del martello si sostituì quella di un pendolo pesante, che l'operaio spostava dalla posizione di riposo e lanciava contro il fioretto. Queste disposizioni non ebbero però fortuna.

Un vero miglioramento non si ottenne che quando si pensò di far agire l' uomo sopra una manovella, collegata con opportuno meccanismo al fioretto: Si ebbe così una serie numerosa di perforatrici a mano, le quali sono di poca spesa ed in generale danno buonissimi risultati nell'abbattimento di roccie tenere. Esse sono quindi largamente impiegate nelle cave di gesso, di creta, nelle miniere di salgemma, di carbone, di limoniti, ecc.

Le perforatrici a mano agiscono in generale per rotazione e intaccano la roccia per mezzo di un utensile, analogo al trapano, ottenuto semplicemente piegando ad elica una sbarra piatta di acciaio. La perforatrice è talvolta tenuta in contrasto contro un appoggio che si dispone dietro essa, ma più sovente invece è sostenuta da una colonna che è posta, a sua volta, in contrasto fra le sporgenze della roccia, o nella galleria fra il cielo e la suola, davanti al fronte nel quale si vogliono praticare i fori. Negli scavi a cielo aperto le perforatrici sono fissate a speciali trepiedi convenientemente gravati da pesi.

Queste perforatrici a mano pesano da 60 a 100 kg. e costano in media L. 250. Le Rachett, le Simplex, le Elliott, le Thomas le Jeffrey ecc. sono tipi comunemente usati. Più perfezionate ed adatte a roccie dure, sono le Cantin della Casa Bornet, che forano il calcare duro in ragione di 3 cent. al minuto. In America si diffondono le perforatrici a percussione Jackson, le quali attaccano anche le roccie dure come il granito, e permettono di raddoppiare il lavoro di ogni minatore. L' operaio agisce colla mano destra sopra una manovella, posta in relazione ad un rotismo a palmola che contrae una robusta molle spirale, la quale lancia poi il fioretto contro la roccia 200 ÷ 300 volte al minuto: colla mano sinistra l'operaio, per mezzo di un'altra manovella, regola l'avanzata del fioretto nella roccia. Questa perforatrice costa però più delle precedenti e cioè circa 1000 lire.

240. **Perforazione meccanica.** — L'invenzione della prima perforatrice meccanica è dovuta a Sommelier, che l'esperimentò nel 1863 a Coscia in Piemonte, alla presenza di Cavour, per il traforo

del Cenisio. Poco dopo perforatrici meccaniche si sperimentarono in Francia e nel Belgio, ed in breve, sotto numerosi tipi, si diffusero in tutte le contrade.

Nell'attacco delle roccie dure presentasi particolarmente favorevole l'impiego della perforazione meccanica: Mentre nelle roccie di media durezza la perforazione meccanica ha il solo vantaggio di far procedere gli abbattimenti due, tre e anche quattro volte più rapidamente che il lavoro a mano, perchè non si realizza economia di spesa, anzi sovente si ha una spesa assai maggiore, nell'abbattimento delle roccie dure la perforazione meccanica permette, talvolta, di accoppiare alla rapidità del lavoro anche qualche economia.

Per la forma della perforatrice e pel modo in cui essa lavora, fissata cioè ad una colonna, la direzione dei colpi di mina riesce quasi sempre vincolata, ed essi quindi non si possono intestare nel modo migliore per trar utile partito delle fenditure, dei peli, dei cambiamenti d'omogeneità, ecc. delle roccie che s'attaccano: A parità di lavoro quindi il consumo di esplodenti riesce colla perforazione meccanica assai maggiore che col lavoro a mano.

È questo, del resto, un fatto ben comprovato dall'esperienza, sopratutto evidente colle perforatrici lunghe ed ingombranti, alquanto meno sensibile con quelle corte e leggere.

La maggior spesa dovuta al consumo di esplosivo è però in una certa misura compensata dall'economia di mano d'opera che realizza la perforatrice meccanica sul lavoro a mano. Ma è evidente che questa economia riesce tanto più sensibile quanto più la roccia da attaccare è dura e resistente. Quindi è nelle roccie dure che può verificarsi che l'economia di mano d'opera riesca così forte da compensare le maggiori spese inerenti alla perforazione meccanica: questa allora riesce più economica del lavoro a mano.

Nei paesi dove la mano d'opera è cara, la perforazione meccanica trova evidentemente migliori condizioni per essere applicata. Comunque però la perforazione meccanica permette una rapidità di lavoro assai maggiore del lavoro a mano, e ciò in molti casi si traduce di per sè in un diretto vantaggio economico, perchè permette di dare valore in breve termine a delle ricchezze che altrimenti rimarrebbero improduttive per un tempo assai più lungo.

Le perforatrici meccaniche si possono distinguere in perforatrici a *rotazione* ed a *percussione*, a seconda del movimento dell'utensile. Le prime sono a diamanti o a utensile d'acciaio e come le seconde si distinguono in perforatrici ad acqua od a aria compressa, elettriche od a gas, secondo la natura del fluido motore.

241. *Perforatrici a rotazione.* — Le perforatrici a percussione presentano l'inconveniente che buona parte del lavoro motore si distrugge in urti interni dell'apparecchio: sotto questo riguardo sono perciò preferibili le perforatrici a rotazione: Praticamente però queste sono applicabili soltanto a roccie non molto dure, tranne che siano azionate con acqua sotto forte pressione, nel qual caso sono adattatissime anche per roccie assai resistenti. L'utensile delle perforatrici meccaniche a rotazione ha forma analoga a quello delle perforatrici a mano, che agiscono per trapanazione. Le perforatrici meccaniche a rotazione sono usate quasi esclusivamente in Europa: Le Ingersoll, le Francois, ecc. mosse ad aria, le Bornet e le Siemens, mosse elettricamente, si incontrano in parecchie miniere: le perforatrici ad acqua Brandt sono piuttosto applicate nell'apertura dei *tunnels* ferroviari per gli ottimi risultati che diedero nelle roccie assai dure e compatte: esse agirono anche nel traforo del Sempione. Si impiegano tuttavia le perforatrici Brandt per l'apertura di gallerie lunghe e di qualche ampiezza anche nelle miniere: ad es. esse furono impiegate a Monteponi.

242. Una perforatrice assai semplice, a rotazione, impiegata nelle miniere a cielo scoperto di siderite del Cleveland, in Inghilterra, è la Steavenson, che può essere mossa con acqua compressa oppure con un motore elettrico od a benzina, od a petrolio. Nella fig. 54 è rappresentata una di queste perforatrici elettriche. A è il motorino, che fa rotare un'asta sostenuta dal supporto tubulare B. Un ingranaggio C dà movimento, per mezzo di un giunto E, al fioretto elicoidale D, il quale è unito ad un portafioretto G a vite, che si avanza pel gioco di una madrevite contro la roccia. La perforatrice è montata sopra uno speciale affusto, collocato sulla piattaforma di un telaio a ruote. — La ditta Thomson Houston costruisce perforatrici analoghe a corrente alternata, impiegate nelle cave di gesso e nelle miniere di *minette*, di sali potassici, ecc.

La perforatrice Bornet rotativa, che deriva da quella a mano Cantin, è ad iniezione d'acqua; fu adoprata a Malfidano ed a San Giovanni in Sardegna, e nell'apertura di una galleria a mare, lunga 15 chilometri, alle Bocche del Rodano, ottenendo un avanzamento nel calcare di $12 \div 15$ centimetri al minuto quando la perforatrice lavorava.

Nella perforatrice elettrica Bornet un albero tubolare internamente filettato è attraversato da una vite che serve per l'avanzamento dell'albero stesso; esso porta il fioretto ad un estremo mentre l'altro estremo, con opportuni ingranaggi, si trova in relazione con

un motorino elettrico. Quando il fioretto s'imbatte in una resistenza forte, che s'oppone alla sua azione penetrante, automaticamente la vite d'avanzamento cessa di funzionare, perchè la madrevite, che la rende solidale colla perforatrice, diviene folle: l'albero quindi ruota semplicemente sopra sè stesso, senza avanzare. In questa perforatrice la pulitura del foro da mina è ottenuta con iniezione d'acqua.

243. La perforatrice a rotazione Siemens, riceve movimento per mezzo di un albero di trasmissione flessibile, che la collega col motore elettrico stabilito a parte. — Essa consiste essenzialmente in un albero filettato tubulare, che porta calettata una ruota dentata conica, la quale imbocca con un rocchetto azionato dall'albero

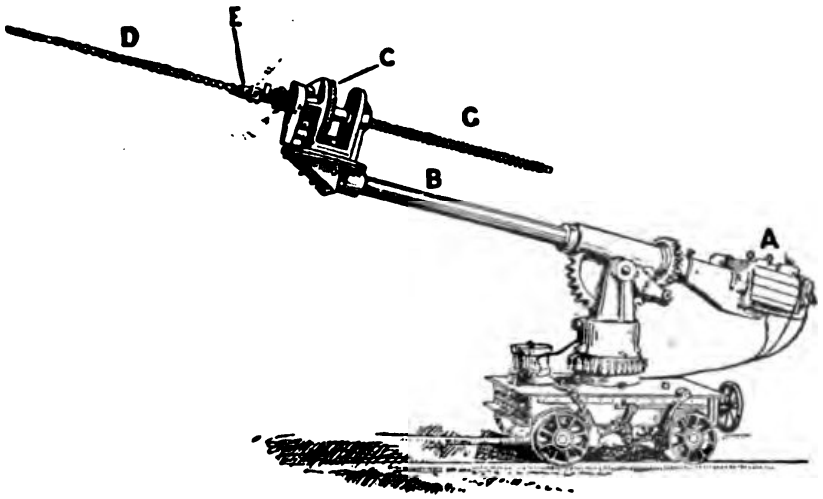


Fig. 54.

flessibile. Nell'albero cavo trova posto l'albero a vite che porta il fioretto, e che riesce trascinato dal movimento dell'albero tubulare. Un sistema di rotismi differenziali, che possono essere resi solidali alla madrevite per cui passa l'albero a vite, permette di far avanzare l'asta che porta il fioretto. L'avanzamento si regola automaticamente, secondo la durezza della roccia: il movimento di ritorno è invece ottenuto a mano per mezzo di una manovella.

244. Sono pure perforatrici a rotazione quelle americane a diamanti della casa Thomson Houston, che s'impiegano generalmente per marmi, per minerali di ferro, ardesie, dioriti, ecc. con avanzamenti variabili da 20 a 40 millimetri al minuto. Un'asta tubulare, che serve per l'invio dell'acqua nel foro in perforazione, porta all'estremità la corona di diamanti: essa riceve movimento da un motore, generalmente trifasico, a cui è direttamente accoppiata

e compie 750 giri al minuto. Assorbe circa un cavallo e pesa, questa perforatrice, meno di 100 chili.

Analoga è la perforatrice Ingersoll-Sergeant a rotazione, che serve generalmente per piccoli sondaggi inclinati, e che rientra come la precedente, nella categoria delle sonde, di cui già ci siamo occupati: in alcuni casi però queste perforatrici servirono anche per aprire fori da mina. La perforatrice Ingersoll è munita di una corona di $3 \div 4$ centimetri di diametro guarnita di diamanti ed analoga a quelle più grandi delle sonde a diamanti: detta corona è montata al solito modo sopra un'asta tubulare che prende movimento dal motore della perforatrice propriamente detta. Queste perforatrici presentano l'inconveniente di perdere sovente durante la perforazione dei diamanti.

245. Le perforatrici rotative ad aria compressa sono generalmente a tre od a quattro cilindri. Si è cercato essenzialmente di applicare il motore ad aria alle perforatrici rotative a mano, studiando dei piccoli motori a più cilindri per rendere uniforme il lavoro sviluppato. L'albero motore, per mezzo di rotismi, dà movimento a quello che porta il fioretto. L'avanzamento necessario al fioretto, come pure il suo movimento di ritorno, sono ottenuti nelle varie perforatrici con disposizioni speciali comandate a mano. In qualche nuova perforatrice il movimento rotativo è ottenuto mediante piccole turbine ad aria compressa, che azionano direttamente, o per mezzo di un rocchetto, il fioretto trapanatore. Queste ultime perforatrici, ancor poco diffuse, sembrano alquanto delicate in confronto alle analoghe comandate a mano.

Nelle roccie tenere come gesso, salgemma, tufi, oolite le perforatrici a rotazione sono soventi impiegate: il tipo più diffuso è quello mosso elettricamente.

247. La perforatrice rotativa di gran lunga più importante di tutte le altre è la Brandt, che servì per l'apertura di parecchi tunnels alpini.

La perforatrice Brandt è azionata da acqua compressa a 40, 100 o anche più atmosfere, a seconda della durezza delle roccie che si devono attaccare.

L'utensile perforatore è costituito da un corto e robusto tubo d'acciaio, che da una parte porta un maschio a vite per l'inserzione sul fioretto e dall'altra è diviso a presentare tre denti di forma elicoidale che penetrano nella roccia e la trapanano. I fioretti sono montati su robusti portafioretti tubolari dello stesso diametro dei fioretti. Questi hanno tutti la stessa misura, mentre i portafioretti

misurano 30, 50 e 80 centimetri di lunghezza e si sostituiscono uno all'altro col progredire della perforazione.

Il portafioretto (fig. 55) è fissato alla parte anteriore di un cilindro mobile N, che scorre lungo un pistone differenziale U, di posizione fissa. L'acqua compressa entra nella perforatrice da A e per mezzo del rubinetto D può essere inviata nel tubo M oppure in quello L. Il primo conduce l'acqua sulla grande faccia del pistone, mentre il secondo la porta sulla faccia opposta. Il cilindro mobile, col fioretto, può quindi essere premuto con grande forza contro la roccia, oppure può essere mosso in senso opposto. Un rubinetto C permette di regolare la pressione esercitata dal cilindro mobile e quindi dal fioretto contro la roccia.

Il movimento di rotazione del fioretto, necessario perchè esso morda la roccia, è ottenuto per mezzo di un motorino ad acqua, a due cilindri E, F, con bielle e manovelle calettate a 180°, che danno movimento ad una vite senza fine R, la quale imbocca con una corona S, solidale al cilindro mobile. Un altro rubinetto B permette di regolare il movimento, e cioè la velocità di rotazione del fioretto: questa dipenderà dalla durezza della roccia (da 4 ad 8 giri al minuto primo). L'acqua di scarico dei motori, per mezzo di un opportuno gioco di rubinetti, passa attraverso l'asta tubulare del pistone e del fioretto, scaricandosi così dall'utensile sul fondo del foro di mina, che pulisce dal detrito e raffreddando nello stesso tempo l'utensile perforatore.

Le perforatrici sono montate, generalmente in numero di due, solidamente sopra una colonna tubulare, la quale a sua volta è portata da un affusto mobile.

248. La casa Sulzer fabbrica due tipi di perforatrici Brandt: l'uno, grande e pesante, serve nei tunnels ed in roccie molto dure, l'altro più piccolo e leggero è adatto per roccie meno dure in gallerie di media sezione.

Il consumo d'acqua è di circa 2 litri al minuto secondo per perforatrice al lavoro. I diametri dei tubi per una condotta di 3 km. sono:

per 1 perforatrice 60 millimetri
» 2 » 70 »
» 3 » 80 »

La forza richiesta varia sensibilmente colla durezza delle roccie: essa è per perforatrice:

25 ÷ 30 cavalli nelle roccie molto dure
15 ÷ 25 » » » dure
10 ÷ 15 » » » semidure

Le pressioni sono al minimo rispettivamente di 70, 50, 30 atmosfere.

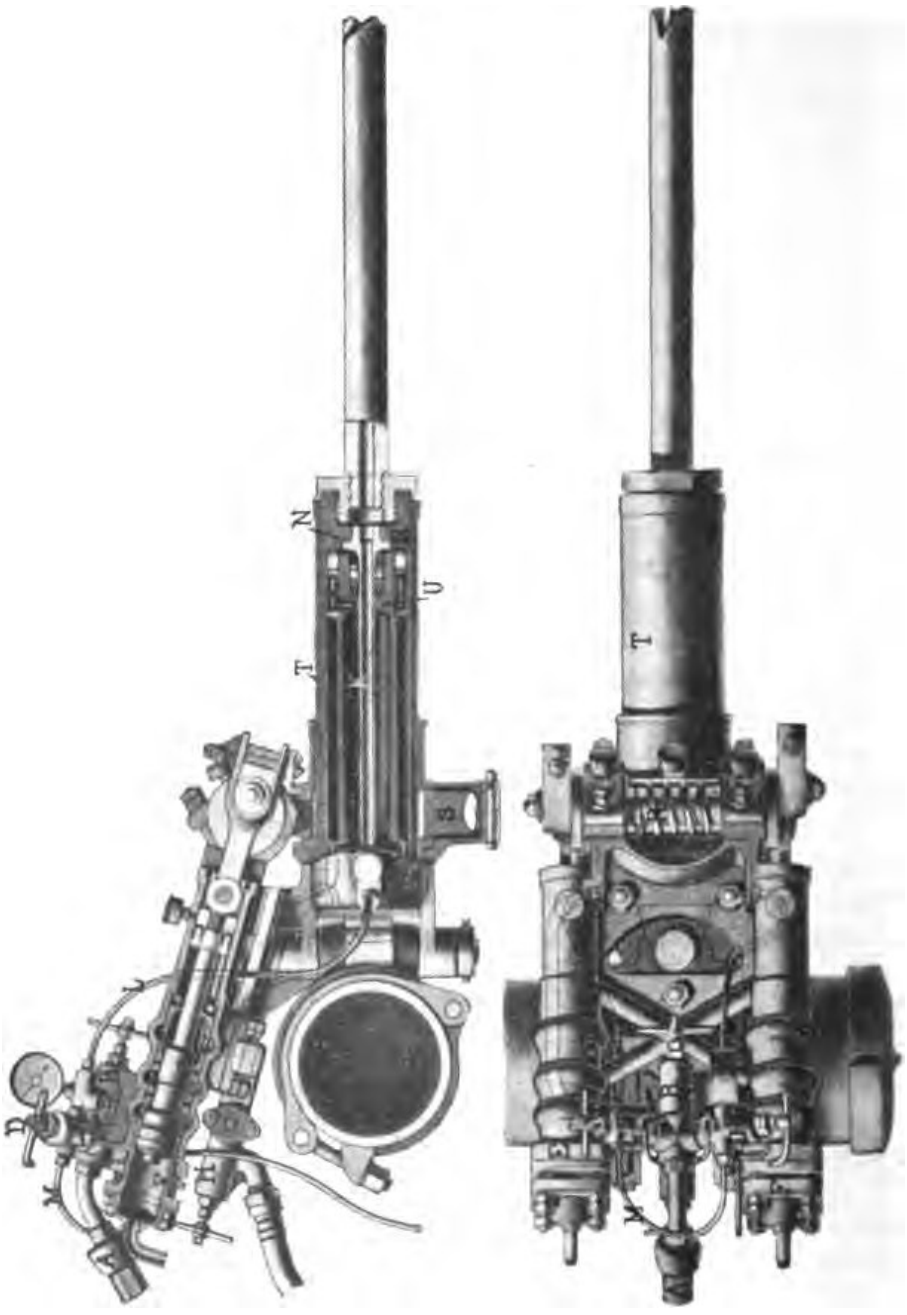


Fig. 55.

Le pompe che servono a comprimere l'acqua sono a stantufio

differenziale, orizzontali, di un tipo molto semplice e robusto: esse si collegano con un accumulatore a peso per rendere regolare la pressione nella condotta forzata.

La perforatrice Brandt nelle miniere non ha notevoli applicazioni, perchè apre dei fori di 6 ÷ 8 centimetri di diametro e quindi le volate, costituite da mine così potenti, guastano i rivestimenti delle gallerie, oltrechè nelle fronti relativamente piccole degli avanzamenti di miniera le forti mine giocano male e provocano frane.

Inoltre, le lunghe condutture d'acqua a grandi pressioni presentano facilmente delle fughe nei giunti, e quindi la loro posa riesce difficile lungo le gallerie di miniera, sovente tortuose: infine l'allungamento delle condotte d'acqua a la manovra delle perforatrici riesce malagevole negli spazi angusti.

249. *Perforatrici a percussione.* — Questi tipi di perforatrici, pel movimento speciale richiesto dal fioretto, si prestano assai bene all'utilizzazione dell'energia di un fluido elastico, che può essere il vapore, il gas, o l'aria compressa. Le perforatrici a vapore non sono naturalmente applicabili che nei lavori allo scoperto, dove cioè è possibile lo scarico del vapore; esse richiedono che le tubazioni siano rivestite di isolante e munite di valvole di spurgo e di giunti di dilatazione. Le perforatrici a vapore sono quindi usate raramente, e si incontrano soltanto in alcune cave d'America.

Le perforatrici ad aria compressa sono quelle che meglio si prestano nelle applicazioni pratiche. Già la perforatrice Sommelier era ad aria compressa e oggigiorno la serie delle perforatrici ad aria compressa è tanto numerosa, che la semplice citazione dei tipi riuscirebbe lunga e difficile. Quel che si può dire è che tali macchine si sono perfezionate al punto che oggi tutti i tipi, dai più antichi di Francois-Dubois ai più recenti di Ingersoll, Rand, Flottmann, ecc., funzionano bene.

Nel Transwaal nel 1904 lavoravano 2355 perforatrici ad aria. Nella maggior parte dei tipi la perforatrice ad aria ha analogia col motore a vapore a distribuzione a cassetto, e come questo funziona anche in condizioni meccanicamente non buone; il che, pur consumando maggior energia, costituisce un grande vantaggio in confronto ad es. alle perforatrici elettriche, le quali funzionano solo quando ogni organo si trova in perfette condizioni.

Alcuni tipi di perforatrici ad aria che, come le Sachs, erano molto delicati, non si riprodussero e lasciarono il posto a tipi migliori: mentre altri, come le Dubois, che datano da molto tempo, furono perfezionati e sussistono tutt'ora coi tipi più moderni. La perforatrice ad aria ha quindi al suo attivo una lunga esperienza.

Volendo limitarci a dare solo alcuni cenni generali sul funzionamento delle perforatrici ad aria compressa, diremo che esse sono costituite da un cilindro nel quale si muove il pistone che porta il fioretto. Generalmente questo pistone ha sezione diversa dalle due parti, e precisamente dalla parte opposta al fioretto offre una sezione assai maggiore che dall'altra: ciò è facilmente ottenuto ingrossando lo stelo portafioretto; così si ha il vantaggio che al ritorno del pistone, e quindi del fioretto, la pressione non è forte e quindi riesce minore l'urto nocivo d' arrivo, contro la macchina, della massa in movimento. L'aria compressa viene, come il vapore in un cilindro a vapore, distribuita alternativamente nelle due capacità del cilindro. Il modo di distribuzione varia coi tipi diversi delle perforatrici, ed anzi è principalmente nel sistema di distribuzione dell'aria compressa che risiedono le caratteristiche dei vari tipi di perforatrici. — La perforatrice *Sommelier* era complicata: consisteva in un *aereomotore* a stantuffo, il cui moto di va e vieni era trasformato con una manovella a volante ed un imbocco conico in moto rotatorio di un asse: questo portava una camma, la quale comandava l'asta del cassetto distributore l'aria compressa sulle due faccie del pistone portafioretto. Con appositi ruotismi, che prendevano movimento dall'asse, Sommelier aveva provveduto, alla rotazione del fioretto, e così pure con disposizioni meccaniche complicate ma sicure di funzionamento, aveva realizzato l'avanzamento automatico del fioretto nella roccia.

250. L'aria compressa oggi arriva da tubazioni direttamente alla scattola della perforatrice nella quale generalmente si muove il cassetto che apre o chiude le luci d'ammissione del fluido nel cilindro, o che mette in relazione il cilindro collo scarico. In alcune perforatrici la distribuzione riesce quasi indipendente dal movimento del pistone: esiste allora un piccolo doppio stantuffo, detto spola, che si muove in un cilindro apposito, che è in relazione col cassetto di distribuzione. Nel cilindro arriva fra gli stantuffi della spola l'aria compressa, la quale può, attraverso a piccole aperture, filtrare dietro gli stantuffi. Supponiamo che la pressione fra i due stantuffi sia eguale a quella che c'è dietro ad ognuno di essi e che questi abbiano egual diametro: la spola rimane in equilibrio: Se invece il diametro di uno degli stantuffi è maggiore dell'altro si avrà uno spostamento della spola dalla parte dello stantuffo minore, e se al termine della corsa la camera che si trova al di là dello stantuffo maggiore, viene posta bruscamente in comunicazione coll'esterno, la spola verrà, per la pressione che esercita l'aria compressa contro

lo stantuffo di diametro minore, spostata in senso inverso. Chiudendosi lo scarico, si rimette l'equilibrio, ma dopo qualche istante, si verifica l'eccesso di pressione sulla faccia dello stantuffo di maggior sezione. Evidentemente la spola può così comandare il cassetto di distribuzione dell'aria all'interno della perforatrice.

Per effetto dello scarico della camera maggiore, la spola e quindi il cassetto, spostandosi in un determinato senso, apre una luce d'ammissione del cilindro della perforatrice, mentre l'altra luce è posta in relazione collo scarico, ma stabilendosi poscia l'equilibrio di pressione, la spola si ferma, mentre poi, per l'aumentata pressione sulla faccia del maggiore stantuffo, essa riprende movimento inverso, trascinando il cassetto ed invertendo l'ammissione e lo scarico nel cilindro.

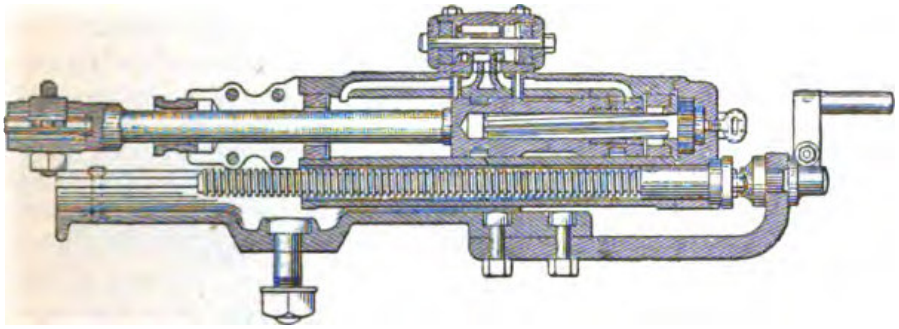


Fig. 56.

Una distribuzione in parte di questo tipo è posseduta dalla perforatrice Dubois-Francois, e ne segue che la propulsione del fioretto contro la roccia è comandata dal pistone porta-fioretto quando è al termine della sua corsa retrograda, mentre poi automaticamente ed indipendentemente dalla posizione di detto pistone, è comandata l'inversione del movimento, cioè il ritorno del fioretto.

Più completa, nel senso che non vi è correlazione invariabile fra la corsa del pistone e lo spostamento del cassetto, nè all'uno, nè all'altro estremo della corsa, è ad es. la perforatrice *Eclipse* che ha la spola cogli stantuffi di egual diametro. Le perforatrici Ferraris e Segala e quelle più recenti Daw, Meyer, ecc., sono pure a cassetto sciolto.

251. La perforatrice *Eclipse,* della ditta Ingersoll (fig. 56) ha la spola simmetrica, e dietro ad ogni stantuffo può filtrare l'aria compressa da una solcatura aperta nel cilindro che è sede della spola, il quale riceve, al solito, l'aria dalla tubazione. Ognuna delle due camere laterali agli stantuffi della spola, è posta in rela-

zione col cilindro motore della perforatrice in prossimità della sua parte mediana, ma in guisa però che la camera di destra s'apre, col canaletto corrispondente, nella parte sinistra del cilindro, e parimenti la camera a sinistra della spola comunica colla parte destra del cilindro. Oltre questa coppia di aperture nel cilindro, che diremo a', a, ne esistono altre due, e cioè le due luci b, b' di ammissione, che si aprono alle estremità del cilindro, e due c, c', che sono in relazione col condotto di scarico e che si aprono come le a' a in prossimità della parte mediana del cilindro. Lo stantuffo del cilindro motore, verso la sua parte mediana è tornito a presentare una cavità: esso può quindi, in posizione opportuna, stabilire comunicazione fra i canaletti $a'c$; ac', e cioè mettere alternativamente le camerette laterali alla spola in relazione collo scarico. La spola allora si sposterà, comandando così il cassetto, e cioè l'introduzione e lo scarico dell'aria compressa nel cilindro della perforatrice. Effettivamente, quando, ad es., lo stantuffo si sposterà verso destra, metterà in comunicazione la camera a sinistra della spola collo scarico, per cui la spola stessa, per azione dell'aria compressa sul piccolo stantuffo di destra, si sposterà verso sinistra, trascinando il cassetto nel movimento, il quale invertirà l'ammissione e lo scarico. Intanto però l'aria compressa sarà filtrata dietro gli stantuffi della spola, ristabilendo l'equilibrio, mentre lo stantuffo portafioretto, essendosi spostato, avrà intercettato la comunicazione della camera di sinistra della spola collo scarico, e si avvierà a mettere in comunicazione, invece, la camera di destra collo scarico, provocando così lo spostamento della spola verso destra e nuova inversione nell'ammissione e nello scarico dell'aria nella perforatrice.

252. In altre perforatrici il sistema di distribuzione era più semplicemente ottenuto spostando il cassetto esclusivamente per mezzo del pistone, anzi esso stesso, in prossimità al termine di ogni escursione, apriva o chiudeva direttamente le luci di ammissione o di scarico: si faceva così a meno del cassetto.

La vecchia perforatrice Ferroux, adoprata nel traforo dell'Arlberg nel 1876, è di questo tipo. Lo stantuffo che porta il fioretto, quando è all'estremità della sua corsa, solleva alternativamente due piccoli pistoni verticali, forati internamente, che mettono in relazione la camera dello stantuffo con quella d'arrivo dell'aria compressa o con l'esterno, per mezzo di piccoli condotti praticati nella cassa della perforatrice. Detti pistoni sono fra loro collegati da un bilanciere. Accade quindi che, arrivando lo stantuffo al termine della

sua corsa, apre la comunicazione coll'aria compressa della camera che andava annullandosi, mentre per lo stesso spostamento verticale che subisce il pistone, riesce intercettata la comunicazione di detta camera con l'esterno. Il bilanciere abbassa il secondo pistone, relativo alla camera che si generava pel movimento dello stantuffo, e la mette così in comunicazione coll'esterno.

Questa distribuzione assai semplice ha però l' inconveniente di agire solo quando lo stantuffo ha compiuto l' escursione completa, e riesce quindi impossibile far marciare la perforatrice con corse ridotte di lunghezza, come può essere conveniente nell'intesto dei colpi o quando il fioretto tende ad inzepparsi nel foro.

253. Nelle perforatrici più recenti si fa bensì comandare la distribuzione dal pistone della perforatrice, ma prima ch'esso giunga al termine della sua corsa: Il movimento iniziato continua quindi



Fig. 57.

di per sè. Questo risultato è ottenuto con una larga solcatura praticata nello stantuffo, pressochè nella sua posizione mediana, che agisce come una camma, mettendo alternativamente in comunicazione le camere laterali del cilindro collo scarico e coll'ammissione.

In queste perforatrici lo stantuffo verso la metà della corsa comanda direttamente, per mezzo di una leva a tre braccia, il cassetto di distribuzione, che sovente, per diminuire l'attrito, è a tegolo.

A questo ultimo sistema appartiene la maggior parte delle moderne perforatrici americane. La perforatrice Ingersoll, nota anche col nome di Rand, la perforatrice Neil e molte altre sono di questo tipo. In quella rappresentata nella fig. 57 la distribuzione si fa per mezzo di un cassetto che è mosso direttamente dallo stantuffo. Il cassetto è comandato dal ramo di una leva a tre bracci *a*, la quale può ruotare attorno ad un asse visibile in figura: essa riceve movimento dallo stantuffo *b* e sposta il cassetto nei due sensi.

254. In qualche altra perforatrice la distribuzione è assai semplicemente ottenuta per mezzo di una sfera, che spostandosi nella

scattola d'arrivo dell'aria compressa, apre o chiude i condotti che adducono sulle due faccie del pistone della perforatrice. Il movimento di questa sfera è automatico perchè il pistone stesso, nel suo movimento, smaschera al momento opportuno delle luci di scarico delle due camere in cui il cilindro resta diviso dallo stantuffo. Accade allora che cadendo la pressione in una delle dette camere, la sfera immediatamente ottura la comunicazione coll'aria compressa e lo scarico si completa, mentre si apre, in conseguenza, il condotto che porta l'aria compressa sulla faccia opposta del pistone motore. — Appartiene a questo tipo la perforatrice Flottmann.

In altre perforatrici il movimento del pistone è così ottenuto: L'aria compressa è costantemente ammessa alla parte anteriore del cilindro, che ha una sezione utile assai minore di quella posteriore. L'aria compressa spinge lo stantuffo indietro, ma in questo movimento esso, a un certo punto, smaschera una comunicazione che esiste fra le due camere del cilindro. L'aria arriva allora sulla faccia posteriore dello stantuffo che per la maggior sezione che presenta, viene lanciato contro la roccia: quando però è quasi al termine della sua corsa, smaschera una luce di scarico per cui la pressione sulla faccia maggiore dello stantuffo diviene eguale all'atmosfera. La perforatrice Darlington possiede questa distribuzione. In altre perforatrici, per es. nella Neill, non esiste contro pressione nella parte anteriore del cilindro, essendo l'aria immessa solo dalla parte posteriore.

255. Oggi si adoprano nelle miniere numerose piccole perforatrici, analoghe ai martelli pneumatici, a pistone auto-distributore che battono 2000 ÷ 2500 colpi al minuto. L'aria motrice sfugge dall'utensile forato e serve a pulire il foro di mina dal detrito. Queste piccole perforatrici sono appoggiate dal minatore contro la roccia: esse agiscono come gli ordinari scalpelli pneumatici, oggi largamente usati, ad es., per la sbavatura dei getti metallici. Nelle miniere del Mansfeld, dove lo spazio difetta, sono per esempio usate le piccole perforatrici Franke già citate, che direttamente derivano dal martello pneumatico Mac Coy che batte 10.000 colpi al minuto. — Analoghe sono le perforatrici americane *Baby*.

256. Accennato così sommariamente ad alcune fra le perforatrici più note e moderne, non ci estenderemo nei dettagli che riguardano i movimenti di rotazione, di progressione e di retrocessione del fioretto. Le disposizioni meccaniche escogitate dai diversi inventori sono numerose e si equivalgono nella maggior parte dei casi. In tesi generale il movimento di rotazione del fioretto, ne-

cessario per calibrare il foro ed impedire che in esso si incunei il fioretto stesso, è ottenuto infilando l'estremo del portafioretto, munito di solcature elicoidali, in un collare-guida, il quale ad ogni colpo retrogrado del fioretto lo obbliga a girare sul proprio asse di un angolo conveniente, mentre tale collare nel moto diretto del fioretto riesce folle. Anzichè un collare, serve sovente la semplice codetta di un rocchetto d'arresto o nottolino.

In molte altre perforatrici l'estremo del portafioretto è forato ad elica: Un bastone o maschio, analogamente foggiato a elica, è portato dal fondo del cilindro: un rocchetto con nottolino di arresto gli permette però di ruotare in un solo senso: l'estremo del portafioretto nel suo moto di va e vieni scorre su questo maschio: ma mentre lo obbliga a ruotare su sè stesso, per trascinamento, nel movimento di lancio contro la roccia, nel movimento di ritorno, il maschio resta fisso pel nottolino che ne impedisce la rotazione inversa, e quindi è il portafioretto che deve girare su sè stesso di un certo angolo.

257. L'avanzata del fioretto, ch'è ottenuta automaticamente in parecchie perforatrici, il che porta l'inconveniente di una maggior lunghezza della macchina, ha oggi ceduto posto all'avanzata a mano, che però richiede la presenza continua di un operaio. Mediante una vite con manovella e relativa madrevite fissata alla perforatrice (fig. 56, 57, 58), si fa avanzare o retrocedere la perforatrice nella cassa che la sostiene, mantenendo così il fioretto a contatto della roccia da incidere o ritirandolo, quando occorre, dal foro di mina. L'inconveniente di questa disposizione risiede nel fatto che se l'operaio non è attento, si generano dei *falsi colpi* che danneggiano la macchina. Questo inconveniente è evitato nelle perforatrici in cui l'inversione della distribuzione, avviene un po' prima del ritorno del fioretto: entra allora in gioco un cuscino d'aria ad agire come molla d'arresto attenuando l'urto.

L'avanzamento automatico può essere costante o variabile: il primo per essere solo funzione del numero di colpi battuti dalla macchina e non della durezza della roccia, non può evidentemente ben corrispondere allo scopo in ogni caso. — L'avanzamento automatico variabile agisce solo quando la perforatrice raggiunge le massime escursioni: Il movimento è ottenuto, o, come nella Ferroux, per la diretta pressione dell'aria, o per reazione della stessa, oppure con organi meccanici: comunque, il comando per l'avanzamento è dato direttamente dal pistone quando effettua le sue maggiori corse. Nelle piccole perforatrici tipo Franke, che non si montano

sopra colonne, manca quest'ultimo movimento e ad esso supplisce l'operaio che mantiene la perforatrice appoggiata contro la roccia.

258. *Perforatrici elettriche.* — Le perforatrici elettriche si introdussero da parecchi anni nelle miniere, finora però senza risultati molto incoraggianti, specialmente nelle roccie dure: esse naturalmente debbono lottare colle perforatrici ad aria compressa, molto più antiche e perfezionate. Tuttavia si può ritenere che fra alcuni anni anche la perforatrice elettrica si diffonderà nelle miniere.

Nelle roccie dure occorre usare le perforatrici a percussione: il comando elettrico di queste perforatrici riesce assai più difficile di quello usato nei tipi a rotazione, per la necessaria trasformazione del movimento rotativo del motore elettrico nel movimento di va e vieni dell'utensile perforatore. Queste perforatrici sono a *molla, pneumatiche* o a *solenoide.*

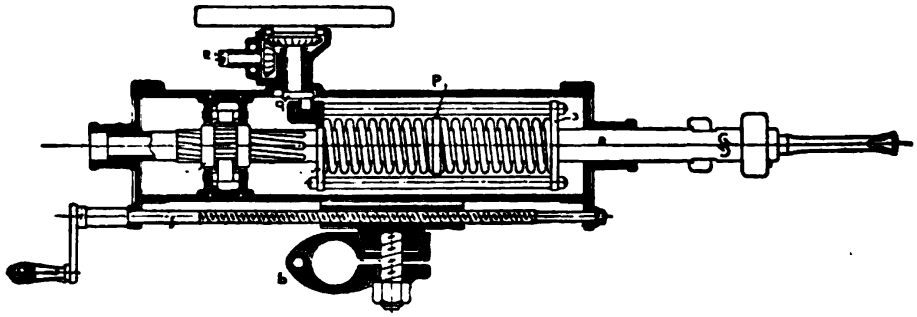


Fig. 58.

259. La mancanza del fluido elastico motore ha obbligato i costruttori a provvedere le perforatrici di molle. La più importante perforatrice di questo tipo è la Siemens (fig. 58). L'asta portafioretto, che è munita ad un estremo dei soliti incavi elicoidali per ottenere la rotazione del fioretto su sè stesso, è mantenuta da due robuste molle a spirale *p*, chiuse in un telaio. Questo telaio può scorrere fra guide e riesce spostato lateralmente nel suo piano per l'azione di una manovella *q* calettata ad un volantino che riceve movimento dal motore elettrico coll' intermediario di un albero flessibile *e*. Un ingranaggio conico riduce alquanto la velocità fra l'albero flessibile e la manovella. Questa perforatrice batte 450 colpi al minuto. L'avanzamento del fioretto è comandato a mano. La sostituzione dei fioretti si compie sfilandoli semplicemente dalla asta portafioretto, che è all'uopo tubulare.

La perforatrice trovasi accoppiata mediante l'albero di trasmissione flessibile, al motorino elettrico a corrente continua o trifasica

a 125 volt; le relative valvole e resistenze sono collocate col motorino in una cassa facilmente maneggiabile. L'albero flessibile è lungo 3 ÷ 4 metri; la cassa col motore ha le dimensioni di un piccolo cofano e la perforatrice, che di per sè è leggera, è sostenuta sopra l'apposita colonna a braccio, che si colloca davanti al fronte d'avanzamento per mezzo della morsa *b*.

Queste perforatrici hanno alcuni organi delicati, come le molle e le manovelle. Se il fioretto s'incunea nella roccia, al colpo se-



Fig. 59.

guente il telaio viene a urtare con la completa forza elastica delle molle, che è circa 800 kg., contro il porta fioretto, e produce generalmente la rottura della manovella: L'incuneamento del fioretto non porta invece alcun inconveniente nella perforatrice ad aria. Il costo di queste perforatrici elettriche colla relativa cassa, è circa 3500 lire. Il solo albero flessibile costa 600 lire.

La Casa Siemens ha costrutto recentemente una nuova perforatrice elettrica a percussione, addossando il motore direttamente alla sua perforatrice, come è rappresentato nella fig. 59.

260. Si è ripetutamente cercato di valersi dell'elettricità per trasportare la forza in miniera e di servirsi di perforatrici ad aria per attaccare le roccie. Una soluzione ovvia è quella di valersi di compressori mossi da motori elettrici. Oggi si costruiscono dei compressori veloci, con ottimo rendimento, particolarmente adatti per quest'impiego. Così la Società ramifera di Casarza alla miniera Gallinaria ha installato un compressore col relativo serbatoio e motore elettrico sopra un carrello mobile. Il carrello è portato in prossimità delle perforatrici ad aria che lavorano al fronte di avanzamento, ed è poscia ritirato con esse quando si debbono sparare le mine. La corrente elettrica è generata a più chilometri di distanza all' esterno e portata da conduttori in miniera. Il compressore installato assorbe 28 cavalli ed aziona tre perforatrici.

Ma, naturalmente, la soluzione di addossare direttamente il compressore alla perforatrice allettava gli inventori, perchè semplificava gli impianti. Da parecchi anni la Casa Bornet cercò di realizzare questa soluzione con una sua perforatrice che però non ebbe successo.

Le perforatrici di questo tipo, col compressore adossato, mosso elettricamente, non possono evidentemente avere che i rendimenti offerti dalla compressione dell'aria e dal motore elettrico; quindi bassi.

261. Una perforatrice di tipo pneumatico, esperimentata con successo anche in Sardegna, è la Box. Essa porta (fig. 60) un motorino a corrente continua, collegato con ruotismi riduttori e biella ad un cilindro mobile, che scorre nella cassa di ghisa della perforatrice: detto cilindro è chiuso da un estremo, mentre dall'altro può sporgere la testa di un embolo infilato a tenuta d'aria nel cilindro mobile.

Avanzandosi il cilindro nel suo movimento, per la forza viva che acquista l'embolo esso esce alquanto, a fin di corsa, dal cilindro stesso, a percuotere l'estremità di un fioretto di sezione cruciforme che gli sta dinnanzi, ma nell'avanzare l'embolo comprime, nella camera anteriore anulare del cilindro, un certo cuscino d'aria, che per la propria forza elastica, nel movimento di ritorno del cilindro, spinge indietro l'embolo. Questo non urta però contro il fondo del cilindro nel suo movimento di ritorno, per il maggior cuscino d'aria che trova interposto, il quale, a sua volta, agirà poi come molla a favor del movimento successivo di avanzata dell'embolo, all'inversione di móto del cilindro.

Il fioretto, che si trova libero, dopo aver colpito la roccia, rimbalza indietro per ricevere un nuovo colpo dell' embolo. —

Come si vede in figura, il fioretto, che ha sezione a grasso, è sostenuto da un tubo a doppia parete, fissato nella parte anteriore della perforatrice: esso serve anche a guidare nell' intercapedine dell' acqua compressa sul fondo del foro.

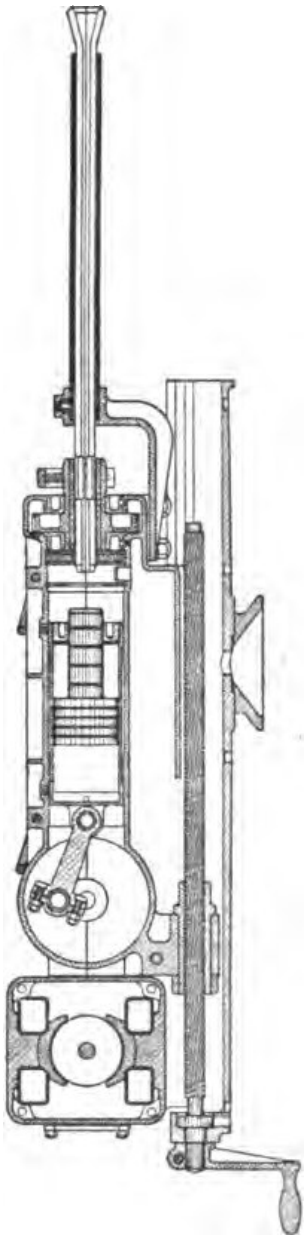


Fig. 60.

Il movimento di rotazione del fioretto è ottenuto facendo ruotare un collare, che si rende solidale al fioretto, per mezzo di una corona dentata, che ingrana in un rocchetto, comandato indirettamente dal motore. Questa perforatrice è costrutta in due modelli: il maggiore pesa 150 kg. e assorbe circa 2 cav. di forza.

Gruppi di 6 perforatrici di questo tipo sono in alcune miniere americane mosse da una dinamo di 10 cavalli, azionata a sua volta da un motore a benzina. Il consumo di queste installazioni è circa un litro di benzina per ora e per perforatrice.

262. Da più anni è stato applicato al movimento delle perforatrici elettriche l'azione speciale dei solenoidi: Per ottenere il movimento d'andirivieni si usano soventi due solenoidi, che sono percorsi alternativamente dalla corrente: lungo essi si muove l'asta portafioretto, di ferro dolce, che sotto l'azione delle linee di forza, che si generano nei solenoidi, assume il movimento di va e vieni: Mentre nel movimento di andata si determina l'urto del fioretto contro la roccia, nel movimento di ritorno la forza viva della massa mobile viene annullata pel gioco di una molla. La perforatrice Marvin e la Depoele sono fondate su questo principio.

La ditta Thomson Houston fabbrica una perforatrice di questo ultimo tipo che ebbe alcune applicazioni anche in Italia, oltrechè nella ferrovia della Jungfrau in Svizzera.

Nella fig. 61 è rappresentata tale perforatrice: $A\,A$ sono le due bobine con isolamento di mica fra i fili rettangolari. All'interno delle bobine (solenoidi) scorre un'asta di ferro E a grande permeabilità magnetica, con le terminazioni B_1 e B_2 di ferro poco permeabile. Quest'asta costituisce il porta fioretto: il fioretto nella figura s'innesta dalla parte sinistra. La parte destra del portafioretto è filettata ad elica, e si impegna in una chiocciola che ad ogni colpo fa ruotare il portafioretto ed il fioretto di un certo arco. Una robusta molla C riceve l'urto del portafioretto nel movimento di ritorno, che restituisce colla propria forza elastica nel movimento utile di avanzata del fioretto contro la roccia. L'avanzata ed il ritorno del fioretto si fanno a mano, con apposita manovella.

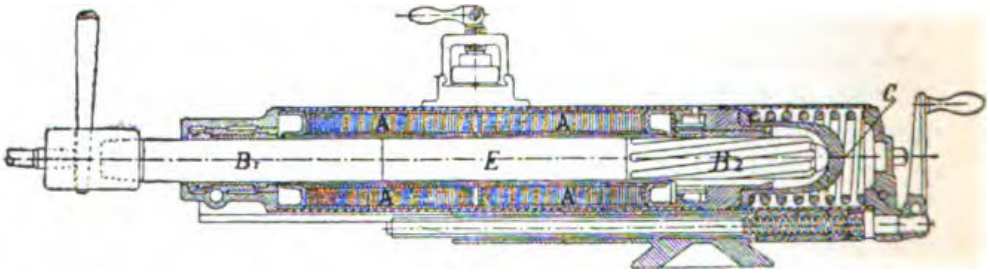


Fig. 61.

La perforatrice batte 450 colpi al minuto. Essa richiede 3-4 cavalli. Una dinamo speciale dà la corrente alternata a bassa frequenza (25 periodi al 1″) ed un commutatore automatico la dirige alternativamente nell'una o nell'altra bobina ($7{,}5 \times 60 = 450$): così semplicemente si ottiene il movimento di va e vieni del portafioretto. Le perforatrici a solenoide hanno l'inconveniente di riscaldarsi, per cui dopo un paio d'ore di marcia devono essere sostituite con altre fredde.

263. *Perforatrici a gaz.* — Infine ora si costruiscono dalla The Gasolin Drills di Filadelfia delle perforatrici elettriche a percussione, azionate direttamente da motori a benzina, ma il costo elevato che ha la benzina da noi, ne ostacolerà probabilmente l'adozione. — I prodotti delle successive esplosioni del motorino, se sono scaricati in gallerie, rapidamente inquinano l'ambiente: occorrono quindi delle tubazioni per espellere i gas all'esterno. Queste perforatrici, naturalmente, non richiedono impianti per forza motrice, bastando collocare in prossimità della perforatrice un piccolo serbatoio per la benzina. Esse quindi semplificano l'installazione e la rendono assai poco dispendiosa: basta soltanto un po' d'acqua per

raffreddare il motorino della perforatrice. Queste perforatrici a gas battono 1000 colpi al minuto con un consumo di circa 13 litri di benzina per giornata di lavoro. Il loro costo complessivo è di circa 4000 lire.

264. I sistemi d'inserzione dei fioretti sui porta-fioretti, come pure le manovre necessarie per togliere o sostituire i fioretti delle perforatrici, sono diversi nei differenti tipi di perforatrici. In quelli più recenti, si rende spedita la sostituzione dei lunghi fioretti della perforatrice con disposizioni speciali, che evitano di spostare la macchina dalla posizione di lavoro. Così nella perforatrice elettrica Siemens i fioretti sono muniti di un calcio cilindrico, che si innesta nel porta-fioretto, fissandolo anteriormente, a forza, in un collare, e posteriormente trattenendolo con una chiavetta: togliendo quest'ultima si può sfilare il fioretto attraverso il porta-fioretto tubulare dalla parte posteriore della perforatrice. — Nella Box il fioretto è inserito anteriormente alla perforatrice per mezzo di un collare a molla: liberando il fioretto dalla molla, è possibile, mercè il solito movimento a vite della cassa della perforatrice, di farla retrocedere in guisa che l'estremo posteriore del fioretto esca dal collare. Si ribalta quindi la perforatrice di 90° attorno ad una cerniera longitudinale, rendendo così possibile l'estrazione del fioretto dal foro di mina. S' introduce allora un fioretto più lungo nel foro in via di approfondimento, e riportando la perforatrice a mezzo della cerniera nella posizione primitiva, riesce facile l'inserzione nel collare del nuovo fioretto che si troverà così automaticamente nella precisa direzione del precedente.

Essenzialmente i fioretti delle perforatrici devono essere facilmente ricambiabili quando la perforatrice è in lavoro poichè per aprire un foro di mina occorre un assorbimento di fioretti, come nel lavoro a mano. I corti fioretti d'intesto sono di diametro maggiore dei fioretti man mano più lunghi che si sostituiscono durante la perforazione. — Generalmente i fioretti delle perforatrici sono di acciaio ottagono, ma per alcune perforatrici occorrono degli acciai di speciale laminazione. Le perforatrici a rotazione hanno l'utensile perforatore foggiato ad elica: quelle a percussione usano generalmente il fioretto foggiato a scalpello, talvolta a doppio taglio, ad angolo. Nelle roccie molto dure s'impiega sovente il fioretto con testa foggiata a croce, e cioè costituita da due scalpelli che si tagliano ad angolo retto: in America talvolta il tagliente di uno degli scalpelli che costituisce la croce, si trova sopralevato per rispetto all'altro. Questi fioretti speciali si forgiano

coll'aiuto di una matrice o stampo di acciaio. Per tutte le perforatrici è conveniente che i fioretti siano sempre ben taglienti, ma per alcune ciò è indispensabile, per evitare che la forza viva dell'utensile si spenga ad ogni colpo per la maggior parte nella perforatrice, poichè non intacca la roccia sufficientemente.

L'acciaio che serve nella confezione dei fioretti delle perforatrici deve essere di buona qualità: per le roccie molto dure convengono gli acciai ricchi di carbonio. Il consumo dell'acciaio dei fioretti è inversamente proporzionale alla sua durezza e direttamente proporzionale alla durezza della roccia che s'attacca. Nelle perforatrici a molle, dove è necessario che i fioretti ben mantengano il tagliente anche quando lavorano in roccie molto dure, può essere consigliabile l'adozione di acciai speciali, extra duri e facilmente forgiabili, come ad esempio quelli al cromo, malgrado il loro caro prezzo, che da noi raggiunge L. $3 \div 3.50$ al kg.

265. *Supporti delle perforatrici.* — Le perforatrici sono mantenute contro le roccie che devono perforare, fissandole a colonne od a speciali affusti. Le colonne si usano negli scavi sotterranei, mentre gli affusti sono generalmente adottati all'esterno. Le colonne sono costituite quasi sempre da robusti tubi in ferro, che portano ad un estremo una testa d'appoggio ed all'altro una o due viti, che servono in certa guisa per allungare la colonna: Questa si dispone fra due pareti rocciose, contro le quali si mette per mezzo delle viti in contrasto. Talvolta le colonne tubulari sono invece chiuse ad un estremo e portano dall'altro un cilindro pieno, che funziona da pistone, passando attraverso un premistoppa: nella colonna, per mezzo di una pompetta, si inietta dell'acqua; questa spinge il cilindro contro la roccia e mette la colonna in contrasto. Un semplice rubinetto permette, quando occorre, di smontare la colonna dal fronte di abbattimento, togliendo un po' dell'acqua in pressione.

È evidente che queste colonne si possono fissare nelle gallerie sia verticalmente, appoggiandole alla suola ed alla corona, oppure orizzontalmente, disponendole contro le pareti laterali: così pure si possono collocare orizzontalmente fra le pareti verticali dei pozzi. Sopra le colonne si fissano le perforatrici o direttamente o per mezzo di un braccio di sostegno che è munito di collare con forti viti di pressione.

Se le perforatrici sono pesanti, le colonne portano l'appoggio per il piccolo paranco necessario alle manovre.

I trepiedi servono generalmente per disporre le perforatrici verticalmente contro il suolo negli scavi a cielo aperto o nei grandi

scavi sotterranei. Questi supporti a tre piedi sono molto robusti e sulle gambe portano delle masse di ghisa pesanti per dare al sistema una grande stabilità a causa delle reazioni che deve sopportare. — Infine le grandi perforatrici sono montate sopra affusti mobili, che talvolta scorrono sopra rotaie e che si possono quindi facilmente avviçinare od allontanare dalle fronti di attacco.

I supporti fissi delle perforatrici, come le colonne ed i trepiedi, devono essere di facile installazione e permettere di collocare rapidamente la perforatrice nella posizione necessaria per praticare il foro di mina, come pure di spostare la perforatrice lungo la colonna, di deviarne la direzione per poter intestare i colpi come più conviene o di fare, infine, semplicemente quelle altre manovre che sono necessarie per la sostituzione dei fioretti durante il lavoro.

Tutti i supporti delle perforatrici devono essere facilmente spostabili, poco ingombranti, molto stabili e robusti.

Installazione di perforatrici.

266. Riguardo al sistema di trasmettere nella miniera la forza motrice, evidentemente nulla si può dire di assoluto, giacchè la convenienza di adottare un sistema piuttosto di un altro dipende essenzialmente dalle particolari condizioni della miniera nella quale si svolge il lavoro.

La perforazione a vapore, impiegata ad es. nel 1870 a Quenast nel Belgio ed oggi ancora in parecchie cave degli Stati Uniti, fu quasi ovunque abbandonata e sostituita con perforazione ad aria compressa, perchè, causa le condensazioni, si incontrava grande difficoltà per condurre il vapore nelle tubazioni anche a distanze relativamente non grandi. È poi evidente che nei lavori sotterranei delle miniere, tale sistema di trasmissione di forza per muovere perforatrici non poteva evidentemente impiegarsi perchè riscaldava ed alterava l'ambiente.

Per lo studio nostro, considereremo separatamente le installazioni di perforatrici ad aria, ad acqua compressa ed elettriche.

267. *Impianti ad aria compressa.* — L'aria compressa funziona nei cilindri delle perforatrici come fosse vapore, ma senza però dare disturbo nei lavori, anzi lo scappamento dei motori ad aria concorre a ventilare l'ambiente e sopratutto a raffreddarlo, poichè l'aria compressa assorbe nell'espansione una ragguardevole quantità di calore. Le perforatrici ad aria furono quindi ovunque impiegate con successo, anche perchè sono meccanicamente assai ben conce-

pite e di maneggio facile e sicuro. La presenza di condotte d'aria compressa nelle gallerie si presta inoltre a molte utili applicazioni.

L'aria è compressa nei *compressori:* Siccome la compressione è adiabatica, perchè non sia eccessiva la perdita di lavoro pel fatto del riscaldamento dell'aria, questa si comprime generalmente a $6 \div 7$ atmosfere.

Esiste oggi un gran numero di compressori: questi possono essere umidi od asciutti.

Nei compressori umidi si manda dell'acqua nei cilindri: l'aria con questo artificio non si riscalda oltre 30°, avvicinandosi così la compressione al tipo isotermico.

Il capostipite di questa serie di compressori è quello Sommelier (1), nel quale agivano come stantuffi coniugati due masse di acqua, che si muovevano con moto alternativo in due cilindri verticali, collegati da un terzo cilindro orizzontale nel quale si muoveva un ordinario pistone. Delle opportune valvole permettevano l'aspirazione e la compressione dell'aria al grado voluto nei cilindri. In questo compressore l'aria si riscaldava notevolmente: la marcia era per necessità lenta e quindi relativamente piccola la produzione d'aria compressa.

Vennero in seguito i tipi Humbold, Hanarte, Staner, Körosi fondati sullo stesso principio, ma resi più veloci; e poscia i compressori senza massa di acqua in movimento Colladon, Dubois-François, Neild, Augström, Richter, Novak, più perfezionati, nei quali l'acqua è iniettata nel cilindro verso la fine della corsa dello stantuffo per sottrarre calore all'aria.

Nei compressori asciutti i cilindri sono raffreddati costantemente da circolazione esterna d'acqua: Essendo veloci, hanno cilindri relativamente piccoli e quindi pesano poco. In essi l'aria si riscalda però assai più che nei compressori precedenti, ma non aumenta nel grado d'umidità perchè non v'ha contatto nell'apparecchio fra l'aria e l'acqua refrigerante; ciò presenta il vantaggio di evitare la formazione di ghiaccio allo scappamento dell'aereomotore.

Questi tipi di compressori asciutti e veloci sono oggi assai numerosi e fra i più noti si citano quelli di Hertel e Mayer, Stling, Menk e Hambrock, Hizzel, Harras, Burckhardt e Weiss, Ingersoll-Sergeant, Rand, Humboldt, Koester, ecc.

(1) Sommelier e compagni avevano ricorso prima ad un ariete idraulico, costituito da un tubo piegato a guisa di sifone, alto 26 metri, munito di un motore separato e di numerosi organi meccanici.

Le case costruttrici Sergeant, Hanarte, Scott, Riedler, Burckhardt, ecc. costruiscono dei compressori a più cilindri, nei quali l'aria viene gradualmente compressa alla pressione voluta. Fra le successive compressioni l'aria passa attraverso ad apparecchi refrigeranti a superficie con circolazione d'acqua.

La casa Ingersoll-Sergeant di New York aveva presentato all'Esposizione di Parigi un compressore Compound a vapore, di 8 cavalli, capace d'aspirare 16 m^3 d'aria al minuto con la velocità di 150 giri, e di comprimerla in due cilindri a 7.5 atmosfere. I cilindri a vapore avevano 310 mm. di diametro: quello ad aria a bassa pressione 463 mm., quello ad alta 310; la corsa comune ad entrambi gli stantuffi era di 310 mm. L'ammissione del vapore ai cilindri era fatta per valvole Meyer e poteva variare da $^1/_4$ a $^3/_4$ per mezzo del regolatore. I cilindri ad aria erano con circolazione d'acqua ed avevano valvole di ammissione e di scappamento verticali. L'aria nel primo cilindro era compressa a kg. 2.200 e si riscaldava a circa 40°. Prima di passare nel secondo cilindro attraversava un refrigerante a superficie con circolazione d'acqua, in modo che alla compressione finale di 7.5 atmosfere la temperatura non oltrepassava 50°, mentre la compressione in un cilindro unico avrebbe occasionato un'elevazione di temperatura di 130° gradi.

Il refrigerante era collocato sotto i cilindri ad aria. Questi avevano le valvole equilibrate, di larga sezione in modo che l'ammissione e l'espulsione dell'aria avveniva in $^1/_5$ di secondo: quelle d'ammissione si muovevano in un bagno d'olio che formava chiusura ermetica. La marcia quindi del compressore era rapida.

268. In altri compressori la stessa ditta ha usato disposizioni speciali per l'ammissione dell'aria: così nel tipo *tandem* l'aria entra per l'asta dello stantuffo, che è tubulare, e l'ammissione nel cilindro si compie da due valvole poste sulle faccie dello stantuffo e che quindi necessariamente lo seguono nel suo movimento. Le valvole s'aprono rispettivamente su ogni faccia apposta alla direzione del movimento: ne segue pertanto che quando lo stantuffo s'avanza, una valvola rimane chiusa mentre l'altra si apre, senza che occorrano molle. A fine di corsa le valvole rimangono un istante in riposo e dolcemente si dispongono sulle sedi rispettive: le valvole subiscono piccoli spostamenti e quindi non acquistano forza viva: Lo scarico si compie da due valvole a molla disposte sui fondi del cilindro. Un compressore di questo tipo, capace di aspirare 11.5 m^3 d'aria al minuto, comprimendola a kg. 3.7 con la velocità di 120 giri, richiede 50 cav.: se l'aria viene compressa

a 7.3 atmosfere la forza necessaria è di 76 cavalli: Il cilindro a vapore ha 361 mm. di diametro e quello ad aria 367 mm. essendo la corsa comune di 460 mm.

269. In alcuni compressori esistono dei regolatori automatici, i quali funzionano quando per il poco consumo d'aria la pressione nel cilindro oltrepassa un certo limite. Si stabilisce allora una comunicazione fra le capacità del cilindro ad aria in modo che l'ammissione rimane chiusa e l'aria passa oziosamente dall'una all'altra capacità del cilindro, mentre il regolatore agisce sull'ammissione di vapore nel cilindro motore, riducendola a quanto è necessario per vincere solamente le resistenze passive della macchina. Questi regolatori sono molto utili perchè il lavoro degli aereomotori in miniera è per sua natura intermittente: durante i riposi si economizza quindi combustibile.

I compressori sono con motore idraulico od a vapore: si costruiscono pure compressori elettrici con buon rendimento. Questi compressori, i cui tipi più piccoli comprimono anche solo 400 litri d'aria e sono azionati per cinghia o per ruotismi dal motore elettrico, si prestano bene in alcune installazioni dove la condotta di aria riuscirebbe troppo lunga ed incomoda o dove avendosi distribuzione d'energia elettrica in miniera, si vuol con essa produrre dell'aria compressa. La casa Rand fornisce compressori di questo tipo con rendimenti elevati: così pure la casa Rud Meyer di Multeim Ruhr e parecchie altre.

Quando, infine, agiscono non più di tre o quattro perforatrici, può convenire l'adozione di motori a benzina pel comando del compressore anzichè ricorrere ad installazioni a vapore. I compressori si possono così installare, come quelli elettrici, in miniera. Negli Stati Uniti alcune di queste installazioni consumano 6 litri e $^1/_2$ di benzina per ora di perforatrice, con una spesa colà di L. 0.80. (La gasolina costa 15 cts. al gallone).

270. L'aria compressa nelle modeste installazioni è dai compressori inviata in una camera o serbatoio regolatore, e poscia nelle tubazioni che la distribuiscono nei diversi cantieri della miniera, ove, oltrechè servire per le perforatrici, può essere utilmente impiegata per dar movimento ad altri meccanismi, come arganelli di piani inclinati, pompe, ecc. Se le condotte sono lunghe, si fa a meno dei serbatoi. La formula che serve pel calcolo della perdita di pressione dell'aria lungo le condotte è quella ricavata dalle esperienze del Gottardo:

$$h = \left(0.001544 + \frac{0.000042}{d}\right) \delta \frac{lQ^2}{d^5} \mp H(\delta - \delta_1)$$

dove h è la perdita di pressione in mill. d'acqua, d il diametro in m. del tubo, l la lunghezza in m. dello stesso, Q la sua portata in m³ al 1″, δ la densità dell'aria compressa, δ_1 la densità dell'aria nella galleria, e infine H il dislivello verticale in m. fra gli estremi del condotto, di cui si deve tener conto se la tubazione scende o sale lungo i pozzi. Q si determina in relazione alla sezione del tubo e alla velocità dell'aria, che si adotta di $3 \div 5$ m. al 1″.

Dalle tubazioni si fanno le prese, generalmente con tubi di gomma armata, per le perforatrici.

271. Le installazioni di perforatrici ad aria compressa sono relativamente costose quando occorre impiantare caldaie e motori a vapore per azionare i compressori.

L'impianto generatore di forza, naturalmente, deve seguire più da vicino possibile le perforatrici per diminuire il costo delle tubazioni e la perdita di carico che esse cagionano, alla quale non si può rimediare che ingrandendo la sezione dei tubi: Occorre inoltre che in prossimità del luogo ove s'impiantano i compressori vi sia dell'acqua per poter attivare la refrigerazione dei cilindri dei compressori.

È facile calcolare in ogni caso, data la pressione al serbatoio d'aria e quella necessaria agli areomotori, la distanza massima a cui si può spingere la perforazione. Questa distanza evidentemente dipenderà dal diametro che si adotta per le tubazioni.

La quantità d'acqua necessaria al compressore può essere assai ridotta, raffreddandola rapidamente con un refrigerante a caduta nell'aria e facendola circolare in modo continuo con una pompa.

Consideriamo una installazione di perforatrici, e vediamo a quanto ammonta il costo d'impianto. Le migliori perforatrici di tipo piccolo consumano m³ 2 di aria al minuto, misurata alla pressione normale, lavorando a quattro atmosfere.

In generale le case costruttrici hanno tendenza ad accusare minori consumi d'aria per far figurare più economiche le loro perforatrici. Noi nel nostro calcolo, supporremo che le perforatrici lavorino a 6 atmosfere e supporremo per ognuna un consumo di aria di m³ 3.5.

Per una installazione di 4 perforatrici il compressore dovrà dare all'ora 840 m³ d'aria, — misurata nelle condizioni normali di temperatura e pressione — alla pressione di 6 atmosfere.

In realtà il consumo d'aria così calcolato risulta eccessivo, perchè aumentando il numero delle perforatrici nella installazione,

diminuisce il consumo unitario d'aria. Si può ritenere che al numero di perforatrici:

1 2 5 10 15 20

corrispondano i consumi d'aria rispettivamente dei moltiplicatori:

1 1.8 4.1 7.1 9.5 11.7

Nel calcolo si deve tener conto dell'altitudine dell'installazione, ed a seconda della pressione, la quantità d'aria calcolata per 4 atmosfere va ancora moltiplicata per i coefficienti dati dalla seguente tabella:

Altitudine sul mare	Coefficienti di proporzionalità Lavoro a				
m.	6.3 Kg	4.5 Kg	5.6 Kg	6 Kg	7 Kg
0	1.00	1.130	1.260	1.400	1.500
300	1.030	1.170	1.280	1.450	1.535
600	1.060	1.210	1.350	1.500	1.645
900	1.100	1.250	1.400	1.550	1.700
1200	1.130	1.287	1.440	1.600	1.755
1500	1.170	1.330	1.495	1.652	1.820
2000	1.240	1.420	1.590	1.760	1.935
3000	1.360	1.560	1.755	1.970	2.150

Determinata la quantità d'aria richiesta al compressore, e conoscendone il rendimento volumetrico (0.85 ÷ 0.90) e la velocità, si possono calcolare le dimensioni del cilindro.

La forza motrice assorbita dal compressore è calcolabile solo con approssimazione, non conoscendosi la curva di compressione, che è praticamente compresa fra un'isotermica ed una adiabatica.

Può valere con approssimazione la formula:

$$N_{cav.} = 230\, Q \log_{nep.} P$$

dove Q è il volume d'aria aspirato al secondo e P la pressione.

Costo di un impianto ad aria compressa con compressori alla

velocità di circa 150 giri, quattro perforatrici operanti in prossimità ai compressori (escluse quindi le condotte):

Perforatrici per roccie durissime a L. 1000 complete con colonna	4.500
Perforatrici di riserva	2.000
Riserva pezzi di ricambio	500
Tubazioni di 15 m. di gomma armata . .	980
» di riserva	380
Pompette di pulitura	160
Compressore (esclusa la forza motrice) . . .	12.000
Serbatoio dell'aria compressa	1.200
Totale	21.720

A questi prezzi si deve aggiungere il costo dei fioretti, di cui occorreranno sempre pronte quattro serie per perforatrice, di tre pezzi per ogni serie, e degli utensili forgiatori per il taglio dei fioretti. Se il preventivo si facesse per 2 perforatrici, si vedrebbe che il costo dell'impianto è all'incirca proporzionale al numero delle perforatrici che operano. Però mentre un compressore per due perforatrici, comprimendo a 7 atmosfere 6.5 m³ d'aria al minuto, richiede circa 45 cavalli, un compressore a due cilindri compound per quattro perforatrici assorbe solo 72 cavalli: Il costo dell'esercizio riesce quindi più economico con quattro perforatrici.

272. *Impianti idraulici.* — Le installazioni di perforatrici Brandt ad acqua sotto alta pressione datano dal 1877: esse richiedono, come è naturale, dell'acqua per alimentare le perforatrici. In realtà, tranne la complicazione della doppia tubazione ed una maggior spesa di forza, non vi sarebbe difficoltà, per diminuirne il consumo, di usare l'acqua di ritorno delle perforatrici.

Se l'acqua fosse raccolta a sufficiente altezza, essa potrebbe giungere alle perforatrici alla pressione necessaria pel loro funzionamento; in generale però essa viene compressa con un'installazione di pompe differenziali, generalmente Kirchweger, a doppio effetto, che aspirano in un senso ma che comprimono l'acqua in tutti e due: Così si porta facilmente la pressione dell'acqua a 100 ÷ 200 atmosfere. Queste elevate compressioni sono in generale convenienti perchè riducono notevolmente i diametri delle condotte, in confronto ai diametri che sarebbero necessari se l'acqua si trovasse alla pressione di 50 ÷ 60 atmosfere solamente, come molte volte si potrebbe direttamente ottenere nei paesi montuosi.

Le condotte sono fatte con tubi senza saldatura (Mannesmann): esse non comportano molte suddivisioni per le difficoltà che s'incontrano a mantenere stagne le congiunzioni a pressioni così elevate. Fra le pompe comprimenti e la condotta s'intercala un accumulatore, che corrisponde negli effetti alla camera regolatrice delle installazioni ad aria compressa.

Generalmente le tubazioni alimentano solo le perforatrici e l'acqua compressa non aziona altri motori: Tuttavia nelle miniere occorre sovente muovere altri meccanismi — specialmente delle pompe — e a ciò può servire assai bene acqua compressa; l'acqua in tali casi percorre un ciclo chiuso che dalla pompa motrice va alla pompa condotta, che agisce come motore per la caduta di pressione, e dalla quale ritorna alla compressione. In questi casi l'acqua è sovente lubrificata, disciogliendo in essa della vasellina, come diremo parlando delle pompe.

L'impianto dei compressori d'acqua, quando l'acqua viene compressa a forte pressione, può farsi anche a distanza relativamente notevole dal luogo ove devono lavorare le perforatrici, bastando a condurre l'acqua necessaria, dei tubi relativamente di piccolo diametro, senza che in essi l'acqua assuma velocità rilevanti, e consumi quindi come resistenza d'attrito una parte sensibile della pressione.

273. *Impianti elettrici.* — L'elettricità si introdusse da parecchi anni per azionare le perforatrici e se essa non ha ancora raggiunto in questo genere di applicazioni l'importanza che *a priori* pareva le dovesse competere, ciò si deve principalmente alla architettura meccanica delle perforatrici, che è ancora inferiore a quella delle congeneri macchine ad aria e ad acqua.

La trasmissione poi della forza nelle miniere mediante l'elettricità costituisce un problema assai più delicato e complicato della trasmissione della forza cogli altri sistemi, non fosse altro perchè in generale al governo delle macchine elettriche non bastano i soliti meccanici che si hanno a disposizione nelle miniere.

L'energia elettrica è generata a giorno, servendosi di motori a colonna d'acqua, a vapore, od a gas. La grande velocità, propria delle macchine elettriche, permette facilmente di azionarle con motori a scoppio, senza la necessità di rotismi o di contralberi, che diminuirebbero il rendimento dell'installazione, disposizioni che sarebbero invece necessarie per azionare con motori veloci i compressori d'aria o d'acqua, il cui movimento deve sempre essere relativamente lento.

Le perforatrici sono a corrente continua od a corrente trifasica a 125 o 250 volts per evitare pericoli ai minatori.

Nelle presenti condizioni delle miniere, perchè le installazioni di perforatrici elettriche riescano d'uso pratico e corrente, è indispensabile di ridurle alla massima semplicità possibile, usando di preferenza la corrente continua, con conduttori particolari per le sole perforatrici, ed evitando possibilmente ogni trasformazione di tensione all'interno della miniera. Gli impianti così fatti riescono relativamente costosi, ma la spesa iniziale è largamente compensata dalla marcia sicura dell'installazione e dall'economia dell'esercizio. È infatti indiscutibile che un impianto complesso, sopratutto se non fu perfettamente studiato ed eseguito, dà luogo a delle fermate nel funzionamento tanto più frequenti quanto più grande è il numero di apparecchi e di organi che sono in funzione, e che possono guastarsi. Ora l'arresto dell'energia che deve giungere alle perforatrici vuol dire la temporanea sospensione dell'attività del personale addetto ai cantieri, e ciò, a parte altri inconvenienti, si traduce in una spesa assai rilevante: Inoltre la complicazione delle installazioni elettriche se può ridurre la spesa d'impianto, provoca un notevole aumento di spesa nel personale, richiedendo la necessaria presenza di un elettricista ed una officina speciale per le urgenti riparazioni al materiale elettrico. Per cui, l'impiego dell'elettricità può portare talvolta a risultati imprevisti e scoraggianti.

274. Siccome l'energia elettrica può utilmente impiegarsi nelle miniere, oltrechè per le perforatrici, per molte altre applicazioni, sia nei lavori all'esterno come all'interno, il concetto informatore di un impianto di qualche importanza deve essere quello di creare una centrale elettrica. L'energia, se dovrà essere trasmessa a distanza, sarà condotta per corrente trifasica ad alto potenziale alle stazioni trasformatrici ed ai trasformatori, dai quali partiranno i condotti secondari alla tensione normale. Se nel centro di maggior consumo si crea la centrale, la corrente sarà prodotta dagli alternatori alla tensione normale, ad es. di 500 volts, e se una parte relativamente modesta della corrente si dovrà eventualmente trasmettere a distanza, se ne eleverà il potenziale alla tensione conveniente per avere economia di rame nella linea. Se in una miniera importante si adotta l'elettricità come mezzo di trasmissione, gli impianti devono essere studiati non solo per le condizioni presenti ma sopratutto in vista di estendere l'impiego dell'elettricità in tutte le applicazioni possibili, in modo cioè da poter sostituire grado, grado, agli impianti di forza che per vetustà, per deficienza o per

basso rendimento non corrispondono alle esigenze della miniera, le installazioni elettriche, coordinando il tutto in modo di avere una centrale unica. Il progetto quindi deve essere informato a larghe vedute, e la stazione generatrice studiata in modo da poterne facilmente aumentare la potenzialità man mano che il bisogno lo richiede. Così facendo l'installazione riuscirà sempre più economica d'esercizio, perchè si ripartiranno sopra una forza rilevante le spese generali e quelle del personale, sempre forti, che gravano l'installazione generatrice.

Per azionare le perforatrici elettriche è necessario allora ricorrere a trasformatori, oppure a convertitori se esse agiscono a corrente continua.

La spesa d'impianto di una installazione di quattro perforatrici elettriche può calcolarsi nel modo seguente: Le buone perforatrici consumano circa 800 ÷ 1000 watt, quindi quattro perforatrici richiederanno ai morsetti 4000 watt. La perdita lungo la condotta si può ritenere del 5 %, per cui alla generatrice si devono sviluppare 4200 watts. Calcolando per la generatrice un rendimento di circa 0.90, il motore dovrà somministrare $\frac{4250}{736 \times 0.8}$ cioè circa 7 cavalli. Si vede, confrontando con una analoga installazione ad aria (v. n. 271) l'economia rilevante di forza.

Quando per la distanza che corre fra la stazione generatrice e le ricettrici la spesa in rame dei conduttori per la tensione a cui lavorano le perforatrici (di 125 a 250 volts) fosse troppo elevata, si trasmette la corrente trifase ad alta tensione nella miniera, ove poi con poca spesa un trasformatore statico ne abbassa al grado voluto la tensione. Se le perforatrici fossero a corrente continua, sarebbe necessario di installare un gruppo convertitore. Il rendimento e l'automaticità della trasformazione sarebbero in questo caso assai minori che nel precedente: In entrambi i casi però, data la cifra relativamente modesta dell'energia consumata, tali rendimenti non hanno sensibile influenza sul costo d'esercizio dell'installazione.

La spesa d'impianto può valutarsi nel modo seguente, mettendoci nelle condizioni più sfavorevoli, in cui cioè l'installazione generatrice debba servire solamente alle perforatrici:

N. 6 perforatrici di cui 2 di riserva, condotte ed accessori:	20.000
1 dinamo generatrice	3.500
	23.500

In confronto ad una analoga installazione completa ad aria, il costo delle perforatrici è maggiore, ma molto minore risulterebbe invece la spesa di impianto per la generazione d'energia, come vedremo fra poco.

275. Riguardo alle spese di esercizio della perforazione meccanica nulla si può dire di generale. È però evidente da quanto abbiamo precedentemente detto, che la spesa di combustibile per un'installazione ad aria compressa è notevolmente maggiore che per un impianto di perforatrici elettriche. La forza infatti richiesta per muovere quattro perforatrici è nel primo caso di circa 85 cavalli mentre nel secondo si riduce a soli 7 cavalli circa: ne segue quindi che anche le spese d'impianto d'una installazione ad aria compressa sono notevolmente maggiori delle spese richieste da un impianto di pari numero di perforatrici elettriche per le caldaie ed i motori potenti che si richiedono: la spesa d'ammortamento riescirà quindi nel primo caso maggiore che nel secondo.

Una spesa sensibile della perforazione meccanica, sopratutto se è fatta con perforatrici elettriche, è data dalla manutenzione delle perforatrici. Le spese di riparazione sono forti, perchè sia le perforatrici ad aria, come quelle elettriche, sovente richiedono sostituzioni o riparazioni di pezzi, ed esigono pertanto la presenza di un operaio meccanico abile in miniera.

Negli Stati Uniti, dove la mano d'opera è cara, si calcolano in questo capitolo L. 2.50 ÷ 3.75 per giornata di perforatrice. Nel Transvaal il costo delle riparazioni annuali alle perforatrici, che colà lavorano a due sciolte, ammontò a 1,66 il costo delle perforatrici stesse. Tuttavia le perforatrici ad aria compressa richiedono una spesa di manutenzione e riparazione minore di quelle elettriche, le quali se lavorano in roccie molto dure, necessitano continue sostituzioni, per cui la spesa nei tipi a percussione può sorpassare le 1500 lire annue per perforatrice.

La spesa di mano d'opera è subito calcolata, esigendo ogni perforatrice un operaio ed ogni due un aiuto: sovente però ogni perforatrice è governata da due uomini.

Gli impianti ad aria compressa non richiedono per la marcia l'assistenza di operai specialisti; non così avviene per la perforazione elettrica, che obbliga pel governo delle diverse macchine la presenza nella miniera d'un operaio elettricista.

La rapidità di avanzamento è con buone macchine presso a poco eguale sia coll'aria compressa come coll'elettricità: però, talvolta, con quest'ultimo mezzo, la perforazione nelle otto ore

riesce minore di quella ad aria compressa per gli inconvenienti che si producono nei circuiti elettrici e nelle perforatrici.

276. Si può ritenere all'incirca che la perforazione meccanica in roccie dure costi circa L. 1.50 al metro di foro. Se si paragona questa spesa con quella richiesta dalla perforazione a mano, si vede subito che la perforazione meccanica realizza una grande economia poichè col lavoro a mano un abile minatore in una giornata arriva appunto a praticare in roccia dura circa un metro di mina con una spesa quindi più che doppia.

Ciò però non basta per dire che la perforazione meccanica è più conveniente del lavoro a mano, dovendosi tener conto di particolari considerazioni. E così è sopratutto necessario di por mente al numero ed alla lunghezza dei fori da mina ed alla quantità di esplosivo che si consuma per ogni metro di avanzamento ottenuto colla perforazione meccanica in confronto al lavoro a mano.

Si sono pertanto riassunti nei seguenti specchietti alcuni dati comparativi, ottenuti in lavori recenti.

Perforatrici a acqua Brandt:

1° in porfido molto duro: sezione galleria 6.5 mq., pressione acqua motrice 75 atm., lavoro con due perforatrici.

Per metro corrente di galleria:

n. dei fori da mina	8
profondità media	1.40
consumo di dinamite . . .	Kg. 28.7

Avanzamento giornaliero m. 4.00: lavoro a tre sciolte di circa 6 ore ognuna:

per perforazione ore	2.54
per pulizia cantiere ore	2.36
per sparo mine e lavori accessori.	1.12

2° in gneiss semiduro; sezione galleria 6.9 m² pressione acqua motrice 60 atm.: lavoro con 3 ÷ 4 perforatrici.

Per metro corrente di galleria:

n. dei fori da mina	10
lunghezza media	1.40
consumo di dinamite . . .	Kg. 18.6

Avanzamento giornaliero m. 5.6.

3° in granito dell'Albula (Coira)

sezione galleria 6.2 m² numero perforatrici in azione 3.

Avanzamento giornaliero	m.	5.94
Consumo dinamite	Kg.	19.8

4° Galleria del Sempione: schisti, gneiss, calcari: sezione galleria 6 ÷ 7 m² pressione acqua motrice 80 atm.

Per metro di galleria in media:

n. fori da mina		6 ÷ 10
profondità totale	m.	9.70 ÷ 12.80
consumo dinamite	Kg.	23.8 ÷ 28.7
Avanzamento giornaliero da		4.90 ÷ 7.50.

Perforazione ad aria compressa:

5° in roccie dure: galleria di 2 × 2.30.

Per metro lineare d'avanzamento:

		Lavoro a mano	Perforatrici a aria
foratura mine: giornate		13.75	2.70
n. mine aperte		12	17
Lunghezza compless.	m.	8.4	21.75
Esplodenti	Kg.	7.5	16.6
Avanzamento per giorno	m.	0.75	2.31
Spese:			
Mano d'opera	L.	42	11.50
Esplosivi		28	56.40
Manutenz. utensili		1	1
» perforatrici		—	2.50
produz. aria compress. e tubi		—	11.60
		71	83.00

Perforazione elettrica:

6° i risultati seguenti si riferiscono a due perforatrici Bornet a rotazione che hanno lavorato nelle dolomie dure:

Per m. lineare di galleria 2.20 × 2.0.

colpi per m. corr. di galleria	n.	22
Lunghezza media		1.30
Carica media di dinamite per ogni colpo	Kg.	0.700
Costo:		
Mano d'opera		36.12
Esplodenti		78.11
		114.23

Avanzamento mensile . . . . . m. 23 .

Lavoro a mano: costo al metro . . L. 75
Avanzamento mensile . . . . . m. 7.50
consumo d'energia per perforatrice 4-5 cavalli.

7° ecco i risultati relativi alla perforazione elettrica Siemens per gallerie di 3 mq. di sezione negli schisti argillosi micacei del permico, che rappresentano una roccia di media durezza a volte anche discretamente tenera, quasi sempre però uniformemente compatta e solo raramente attraversata da vene di quarzo duro e compatto:

Avanzamento medio in 24 ore	ml.	1.77
Colpi praticati	n.	10
Lunghezza totale dei colpi	m.	11 ÷ 12
Giornate operai	n.	6
Consumo dinamite { del n. 1 kg. 4 / » » 2 » 2 } .	Kg.	6

il lavoro è compiuto con una perforatrice per avanzamento: lo sgombro è fatto mediante trazione a cavallo.

Il costo di detta perforazione per metro lineare, astraendo dalle spese di ammortamento e di produzione d'energia, ammonta:

Maestranza	L.	14
Esplodenti.	»	12.70
Riparazioni perforatrici	»	3.50
Costo per ml. di galleria	L.	30.20

La perforazione a mano in tali roccie non costa meno: l'avanzamento mensile (25 giorni) col lavoro a mano raggiunge da 12 a 14 ml.; colla perforazione elettrica invece 40 ÷ 45 metri lineari.

8° Nello schisto quarzoso non duro la perforazione elettrica con 2 perforatrici Siemens diede i risultati seguenti in galleria ai 2 × 2.

	Lavoro a mano	Perforatrici
Mano d'opera giornate . . .	232	249.50
Consumo dinamite Kg. . . .	84	207.50
Avanzamento m.	13	18.70
Spese per metro lineare d'avanzamento:		
Mano d'opera	67.70	35.10
Esplodenti	30.44	54.00
Forgia	23.10	8.40
Riparazioni e diversi	— —	8.30
	121.34	105.80

9.° In roccie quarzose molto dure e difficili i risultati della perforazione elettrica sono assai diversi.

I dati seguenti si riferiscono a una galleria di 4 m² di sezione aperta in quarzo molto duro:

Avanzamento medio giornaliero . . .	ml.	0.65
per m. corr. d'avanzamento:		
Lunghezza complessiva dei colpi	ml.	23.00
Giornate.	n.	12.00
Consumo dinamite all' 85 % di gelatina.	Kg.	10.59

Il lavoro era condotto con due perforatrici per due mute.

Il costo della perforazione risultò, trascurando la spesa per l'energia, per metro corrente di avanzamento:

Maestranza	Lire	41.28
Esplodenti	»	52.95
Forgia e manutenzione	»	14.00
		108.23

L'avanzamento a mano costava per m. corr. d' avanzamento:

Maestranza (ml. 21.28 di mine) . . .	Lire	90.00
Esplodenti (Kg. 7,25 di dinamite) . .	»	33.32
Forgia per ripasso fioretti	»	3.00
		126.32

In questo caso di roccie molto dure il costo della perforazione meccanica, come si vede, fu alquanto minore del costo della perforazione a mano. Ma è necessario por mente alla fortissima spesa mensile che richiedesi per cambi di pezzi delle perforatrici che fece salire la spesa a circa 160 lire al m. corr.

10° Perforatrici a solenoide Thomson-Houston in un tunnel della Jungfrau, nel calcare giurassico: fronte della galleria 8 mq. lavoro con due perforatrici nelle 24 ore:

fori forati n.	35	al giorno			
profondità media	1.20				
Avanzamento giornaliero m. 3.50.					
Avanzamento netto in siderite compatta	4.40	cent.	al	1′	
» » » ardesia poco dura	7.51	»	»	1′	
Avanzamento lordo in siderite c. s.	1.42	»	»	1′	
» » in ardesia c. s.	2.17	»	»	1′	

Ciò che riesce indiscutibile dagli esempi dati è la rapidità di avanzamento che si ottiene colla perforazione meccanica in confronto al lavoro a mano. E questa rapidità si traduce sovente in un maggior beneficio pecuniario, perchè, sopratutto applicandola nei lavori di ricerca e di tracciamento, si anticipa la produttività del giacimento.

Si può ritenere in modo sicuro che colla perforazione meccanica si raddoppia e soventi si triplica la velocità d'avanzamento.

Le perforatrici raramente sono applicate ai lavori di abbattimento: in questi casi il lavoro riesce ancora più spedito.

277. I rendimenti totali dei tre sistemi di trasmissione della forza, si ottennero nella seguente tabella, moltiplicando i rendimenti dei singoli organi.

	Acqua compressa	Aria compressa	Corrente elettrica
Generatore	0.90	0.75	0.80
Condotta	0.90	0.90	0.95
Motore	0.80	0.50	0.85
Rendimenti totali	0.648	0.337	0.62

278. *Disposizione del lavoro.* — Alle fronti di avanzamento delle ordinarie gallerie generalmente si lavora con due perforatrici montate sopra un'unica o sopra due colonne. Siccome occorre un tempo notevole per installare le perforatrici e per smontarle prima di far partire i colpi, si ha un un evidente vantaggio, per la rapidità dell'avanzamento, ad usare due perforatrici anzichè una sola. È anche per le perdite di tempo richieste dalle manovre delle colonne, che la perforazione meccanica dà risultati molto migliori nelle roccie dure che in quelle tenere, dove dette manovre si devono ripetere con maggior frequenza. In questi ultimi casi si lavora con una sola perforatrice.

Nella fronte di avanzamento si distribuiscono i colpi di mina in modo geometrico, avendo cura di disporre verso il centro tre o quattro colpi convergenti, per staccare un cono di roccia o *tappo*, che favorirà l'effetto utile degli altri colpi di contorno (fig. 62). Al piede della galleria si dispongono alcuni colpi in linea retta orizzontale, per assicurare il piano della strada. I colpi periferici al tappo si spingono soventi paralleli fra loro.

La lunghezza dei colpi colle ordinarie perforatrici varia da m. 1.20 ÷ 1.50 nelle roccie dure, a 2 metri nelle roccie tenere: Quando s'adopra gelatina, il diametro deve essere alquanto maggiore coi

colpi lunghi che con quelli corti. Il numero dei colpi che si devono intestare in un dato avanzamento colla perforazione meccanica, dipende dalla qualità della roccia che si deve abbattere e dalla forza dell'esplosivo: Conviene in generale colle perforatrici spingere i fori profondamente, e caricarli con esplosivo potente. La gelatina esplosiva permette sovente di aprire un terzo meno di fori in un ordinario avanzamento, che impiegando dinamite ordinaria.

In generale, colla perforazione meccanica il consumo di esplodente è notevolmente maggiore che col lavoro a mano, perchè le perforatrici montate sull'affusto o sulle colonne, riescono poco maneggevoli, per cui i colpi non si possono intestare come col lavoro a mano, in modo cioè che portino il maggior effetto utile. Inoltre per la lentezza propria del lavoro a mano, le mine si seguono in modo che agiscono sempre su faccie rese libere della roccia, e quindi con maggior effetto utile, mentre ciò non accade per le volate delle perforatrici.



Fig. 62.

Riguardo alla profondità dei fori, giova notare che pur convenendo approfondirli, non si deve mai oltrepassare quella misura per cui, con l'esplodente che s'adopra, le mine lasciano fondelli.

279. Nel tempo necessario alla perforazione si comprende quello impiegato nella perforazione della roccia e quello richiesto dalle manovre delle perforatrici e delle colonne di sostegno. Quest'ultimo talvolta rappresenta $^1/_5$ del tempo speso nella perforazione utile.

Influiscono poi sulla capacità della perforazione diverse cause, e principalmente la natura e l'omogeneità della roccia da perforare: Per una stessa roccia hanno notevole influenza la qualità dell'acciaio del fioretto, la natura del taglio che presenta, se esso, cioè, è a scalpello per roccie dure ed a croce per roccie durissime, il modo come è stato aggiustato, temprato, ecc.

Si può ritenere che il tempo necessario per forare colle perforatrici 10 centimetri di roccia sia all'incirca:

1′ nei calcari e arenarie tenere

2′ nei graniti
3′ nelle roccie più dure.

Ma sulla capacità di perforazione ha grande importanza la natura del lavoro, e cioè se esso si conduce senz'acqua o bagnando il foro da mina: Le mine asciutte si praticano soltanto colle roccie che durante la perforazione darebbero fango, contrariando così l'operazione; in tutti gli altri casi di roccie dure convengono le mine bagnate, come dimostrano le cifre seguenti, che si riferiscono a fori praticati nelle stesse condizioni in una medesima roccia ed in un dato periodo di tempo:

Foro senz'acqua . . .	metri lineari	9.60	pari a	1
» con acqua versata .	»	»	12.30	»	1.27
» » » iniettata	»	»	15.60	»	1.62

Ciò spiega perchè in diverse moderne perforatrici è applicata la diretta iniezione dell'acqua nel foro da mina.

La perforatrice è allora accompagnata da un serbatoio cilindrico di lamiera, della capacità di circa 30 ÷ 40 litri, nel quale si introduce l'acqua. Se la perforatrice è ad aria compressa, si mette in relazione con un tubo di gomma il serbatoio con la condotta dell'aria: si ha così dell'acqua sotto pressione, che viene iniettata con una sottile lancia nel foro da mina: La perforatrice ad aria Rix, è, ad es., munita di detto serbatoio e della lancia relativa. Se la perforatrice è elettrica, il serbatoio porta una pompetta, che comprime sopra l'acqua in cuscino d'aria: La perforatrice elettrica Box possiede, ad es., tale dispositivo; in essa l'iniezione dell'acqua sul fondo del foro è direttamente ottenuta colla particolare disposizione descritta al n. 261.

Oltrechè la maggior rapidità del lavoro, l'iniezione dell'acqua rende assai minore il numero di ferri smussati. Effettivamente nel caso precedente si ebbero:

Ferri smussati nella perforazione senz'acqua . . .	38
» » » » con acqua versata .	33
» » » » » iniettata.	37

e riferendo ai metri di fori praticati, si ha un consumo di ferri rappresentato rispettivamente con approssimazione da 4, 3, 2, cioè l'iniezione dell'acqua diminuisce di metà il numero di ferri smussati durante la perforazione asciutta.

È poi necessario insistere sull'avvertenza di cambiare i ferri che cominciano a smussarsi, specialmente nel lavoro in roccie molto

dure, altrimenti l'avanzamento dei fori progredisce con grande lentezza.

280. Le dimensioni e il peso delle perforatrici hanno importanza per quanto riguarda il tempo occorrente al loro maneggio, che influisce naturalmente sulla rapidità complessiva della perforazione. Le perforatrici poco maneggevoli è conveniente collocarle al lavoro in modo che abbiano da richiedere il minor numero possibile di spostamenti. Così ad es., essendosi adottato nell'apertura di alcuni pozzi verticali in America la perforazione con delle perforatrici a diamanti, che permettevano di spingere fori profondi più decine di metri, si praticarono a riprese tutti i fori della corona, spingendoli a 30 metri ad ogni ripresa. I fori furono poscia riempiti di sabbia: i colpi del centro, che dovevano essere convergenti, si aprivano a mano mentre si vuotavano della sabbia quelli della corona pel tratto occorrente per ogni volata. Come si vede il tempo necessario per le manovre delle perforatrici era così ripartito su 30 m. di perforazione continua.

Colle ordinarie perforatrici il tempo richiesto dalle manovre per smuovere i fioretti che s'incuneano durante la perforazione, per cambiarli quando sono smussati od allorchè riescono troppo corti, per spostare la perforatrice sulla colonna di sostegno e per cambiare di posto la colonna davanti al fronte di abbattimento, è presso a poco eguale, sia che si perforino roccie dure come roccie tenere.

In una perforazione di roccie mediamente dure si praticarono in 8 ore 10 fori di 18 metri di lunghezza complessiva. Il tempo impiegato per l'apertura di ogni foro fu di 30′ circa, 10′ occorsero per le varie manovre durante la perforazione: per i collocamenti della colonna si richiedevano 20′ ogni volta: Come si vede le manovre delle perforatrici assorbono una parte sensibile del tempo totale destinato alla perforazione.

In tesi generale si può dire che nelle grandi sezioni delle gallerie le grosse perforatrici compiono, a parità di tempo, avanzamenti eguali alle piccole; le grosse perforatrici richiedono però minori spese di manutenzione delle piccole. — Nelle sezioni ristrette, le piccole perforatrici, maneggevoli facilmente, sono decisamente preferibili alle grandi, perchè offrono economia di esplosivo, come pure perchè richiedono semplici manovre.

281. In alcuni casi speciali le piccole perforatrici permettono colla loro mobilità di praticare una serie di $7 \div 8$ fori in linea retta, distanti ad es. 0,05, che riuniti fra loro, polverizzando gli intervalli

colla stessa perforatrice munita di un fioretto speciale, costituiscono un sottoscavo o puntata, che facilita assai l'abbattimento delle roccie mediamente dure.

Nell'apertura dei tunnel ferroviari si usano generalmente le grandi perforatrici Brandt in numero di tre o quattro. Al Sempione si adopravano tre perforatrici per ogni affusto, che richiedeva 10 uomini; l'avanzamento della sezione negli gneiss era superiore a 4 metri al giorno. Le Brandt di tipo piccolo furono pure usate in parecchie miniere, come a Marinelle nel Nord di Francia, a Shamrock in Westfaglia, a Monteponi in Sardegna, ecc.

Nel tunnel d'Arlberg furono usate nei due attacchi le perforatrici Brandt e quelle Ferroux ad aria compressa. L'avanzamento era eguale, ma occorreva un numero di perforatrici Ferroux superiore alle Brandt, e quindi queste richievano minor numero d'operai. Le Brandt però esigevano la presenza di un meccanico sul cantiere per le riparazioni correnti, essendo troppo pesanti per essere portate con frequenza all'esterno. Le Ferroux invece erano riparate all'officina; ma mentre le Ferroux richiedevano una riparazione ogni 100 metri di fori circa, le Brandt lavoravano nel tunnel anche un mese consecutivo, forando 2000 metri di roccia, senza richiedere una riparazione all'esterno. Colle Ferroux, a parità di avanzamento, dovendosi aprire più fori che colla Brandt, poichè il diametro dei fori praticati dalla Brandt è doppio del diametro dei fori aperti dalla Ferroux, il consumo di dinamite era maggiore di circa un terzo.

Infine accenniamo che si impiegano delle grosse perforatrici, generalmente ad aria, per praticare mine subacquee a profondità di $10 \div 20$ metri, allo scópo di distruggere roccie, affondare porti, canali, ecc. Queste grosse perforatrici hanno cilindri di $80 \div 90$ mill. di diametro. Si montano verticalmente, sopra pontoni ancorati, ad una certa altezza sul pelo dell'acqua, in guisa di poterle poi far man mano discendere lungo apposite guide verticali. I lunghi fioretti, costituiti da sbarre rigide d'acciaio, sono guidati nel loro movimento: talvolta si muovono lungo tubi verticali, il cui ultimo tratto ha diametro poco maggiore di quello del fioretto. Questi tubi facilitano a lavoro finito il caricamento dei fori da mina coll'esplosivo.

Un'installazione di questo genere, di perforatrici sottomarine Ingersoll, funziona ad es. a Terranova di Sardegna: Numerose applicazioni sono state fatte negli Stati Uniti.

282. Preparati i fori da mina su tutta la fronte di avanzamento,

si procede alla carica di essi. Generalmente si fanno partire prima i colpi del centro e poscia si caricano e si fanno partire quelli adiacenti.

La carica dei colpi di mina si compie come d'ordinario. In generale la dinamite è confezionata in cartuccie più grandi di quelle comuni, affinchè bene si adattino ai fori di maggior diametro aperti dalle perforatrici. Di preferenza nelle roccie dure s'impiegano dinamiti ricche di nitroglicerina, e specialmente le dinamiti gomma. Tutti i colpi devono essere borrati con particolare cura, perchè sortano il maggior effetto utile.

È importante provvedere all'accensione in modo che l'esplosione delle mine, o come si dice la *volata*, avvenga in uno stesso istante. Coll'accensione a mano si devono quindi proscrivere le aggiunte di solfo che talvolta adattano i minatori alle micce per far tardare maggiormente l'esplosione, anzi si devono scegliere micce ben calibrate, a velocità di combustione costante. L'accensione a mano delle mine si compie così: si tagliano le miccie di lunghezza diversa, ma in modo che la differenza sia multiplo di una certa lunghezza, corrispondente ai pochi secondi che l'operaio impiega per passare l'accensione da una mina all' altra. Queste miccie si distribuiscono giudiziosamente secondo la loro lunghezza nei fori caricati in guisa che la progressione segni nell'ordine il giro che farà l'accenditore. L'accenditore, armato di un pezzo di miccia sul quale ha segnato, partendo da un estremo, con tacche le lunghezze delle successive miccie che deve accendere, ha cura di dar fuoco ad ognuna nell'istante in cui il fuoco nella miccia che maneggia passa per la tacca corrispondente. Questa operazione, se ben condotta, provoca lo sparo contemporaneo dei colpi. Quando un gruppo di mine deve esplodere dopo un altro, le miccie devono essere giudiziosamente tagliate più lunghe, in modo però che all'atto dello sparo del primo gruppo, l'accensione nelle miccie del secondo abbia già notevolmente progredito nella borratura.

Benchè l'operazione non porti pericolo, essendo l'accenditore armato di una miccia nella quale il fuoco si propaga colla stessa velocità che in quelle delle mine, e che quindi lo avverte del tempo che gli rimane disponibile per mettersi in salvo, pure difficilmente essa è ben condotta, se non è fatta da personale provetto. Si ricorre quindi sovente all'accensione elettrica per avere quell'assoluta contemporaneità nella partenza delle mine che ne assicura il migliore effetto utile.

Le mine armate degli inneschi elettrici sono generalmente fra loro collegate *in serie* mediante piccoli conduttori di rame isolati. Le unioni dei fili d'accoppiamento devono essere fatte con cura minuziosa e poscia isolate con listelle di tela caoutchouc. I conduttori principali, che vanno all'apparecchio elettrico, devono avere diametri superiori a 2 mill. per distanze maggiori di 250 metri: essi sono pure accuratamente collegati coi due fili estremi della serie di colpi. Preparato così il circuito elettrico, si fissano i conduttori principali nei bottoni ricevitori dell'accenditore elettrico, il quale deve essere senza manovella. Verificato il circuito, si mette la manovella nell'apparecchio e si fa partire la volata. — Come abbiamo detto, usando inneschi speciali, si può anche ottenere coll'accensione elettrica un piccolo intervallo di tempo fra l'esplosione dei colpi del centro e di quelli di corona. Generalmente però si fanno partire i colpi in due riprese. Gli inneschi a incandescenza sono i preferiti.

Nelle figure 63 sono rappresentate le successive unioni elettriche dei fori da mina, aperti nel modo detto al n. 278, per ottenere il maggior effetto utile. Lo strozzo, o imbuto centrale, comprende in questo caso otto colpi: gli altri dieci si possono far partire in una volta sola con capsule a tempo, oppure in due riprese successive di sei e di quattro colpi.

Partiti i colpi, si tolgono i conduttori dall'apparecchio, al quale è buona regola togliere anche la manovella se si devono far partire altre volate; si può allora ritornare al cantiere senza alcun pericolo ancorchè vi fossero delle cariche non esplose.

In mancanza dell'accenditore elettrico potrebbero servire i cordoni detonanti, che collegati fra loro fanno capo ad un'ordinaria miccia a tempo: il fuoco si propaga lungo questa colla lentezza necessaria perchè l'accenditore possa mettersi in salvo, e giunto al nodo delle miccie a rapida combustione quasi istantaneamente raggiunge le mine. Il costo però di queste miccie è rilevante.

Esplosi i colpi è necessario attivare un'energica ventilazione per liberare l'avanzamento dal fumo. Si mette pertanto in azione il ventilatore. Quando si ha dell'acqua compressa, se ne dirigono i getti contro il fronte d'attacco appena incendiate le miccie, oppure si aprono i tubi dell'aria compressa. È poi necessario provvedere al *disgaggio* ed al trasporto del materiale abbattuto nel minor tempo possibile, per poter riportare le perforatrici all'avanzamento. Si stabilisce quindi in vicinanza del fronte un doppio binario per la circolazione dei vagonetti adibiti al trasporto del materiale abbattuto. Liberato così e pulito il cantiere, si spingono

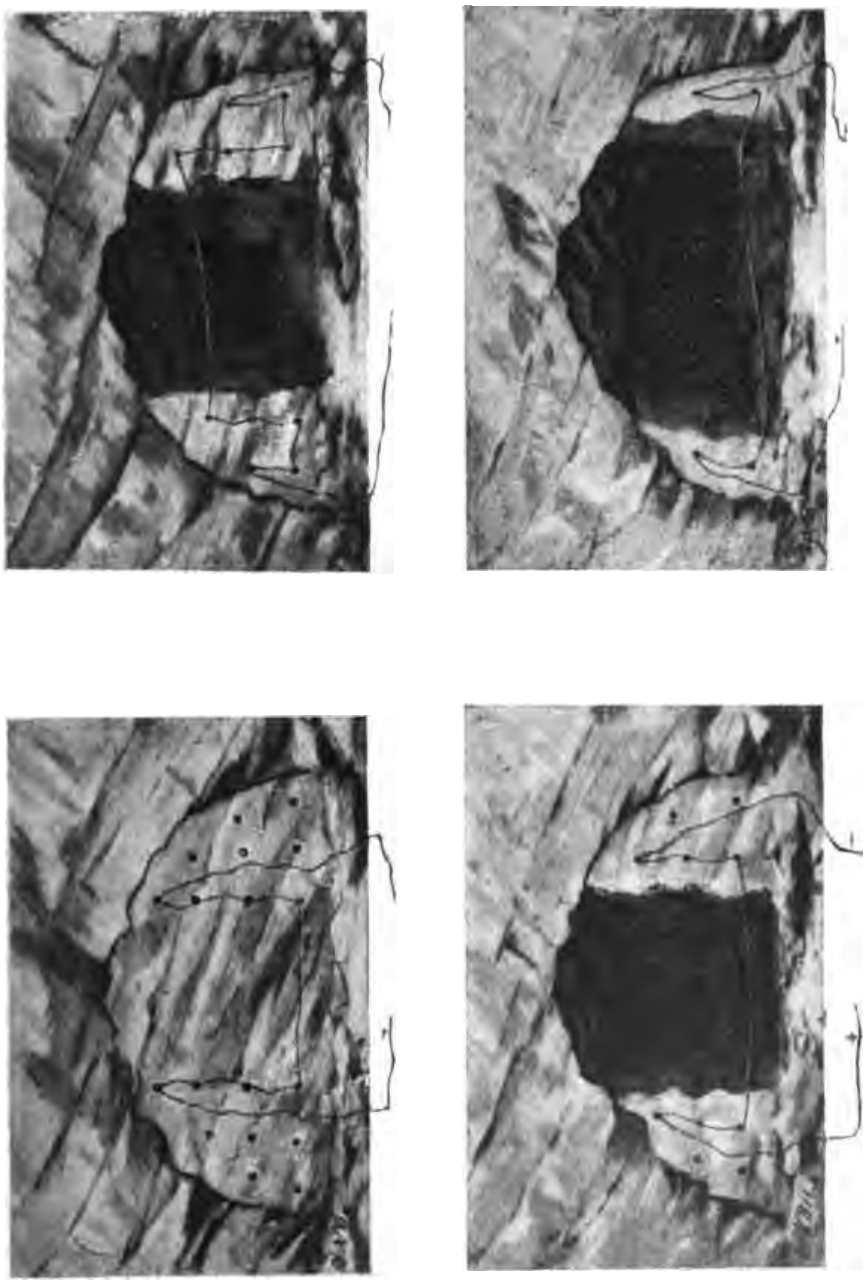


Fig. 63.

con un carrello le perforatrici e gli accessori al fronte per riprenderne l'attacco.

Gli operai che lavorano colle perforatrici agli avanzamenti sono in generale pagati con una giornata fissa, alla quale si aggiunge un premio d'avanzamento che può essere variamente computato. Le spese di riparazioni delle macchine soventi sono in parte sostenute dagli operai o direttamente, o sotto forma di interessenza nelle economie di manutenzione.

283. **Norme che devono regolare il caricamento e lo sparo delle mine.** — Non si deve per alcun motivo far uso di dinamite che si suppone abbia soggiornato a temperatura minore di 10^0, se non si è prima ben sicuri che non ve ne sia alcuna parte gelata. La dinamite deve sempre presentarsi pastosa al tatto, senza noduli duri.

Non si deve impiegare la dinamite che presenta all' interno della carta che l' avvolge degli essudati, se prima non si è verificato che non trattasi di nitroglicerina. La solubilità della nitroglicerina nell' etere dà una prima indicazione, che deve essere controllata, abbruciando con le debite precauzioni la carta che involge la dinamite dopo aver distaccate tutte le particelle di esplosivo rimaste eventualmente aderenti: Così pure non si devono adoperare, nè maneggiare, cartuccie che tramandano odore acre.

Il maneggio degli esplosivi ed in conseguenza il caricamento delle mine, deve sempre essere fatto da operai idonei, meglio se da operai specialisti detti *carichini*.

Le cartuccie devono essere innescate colla capsula di fulminato a misura del loro impiego. Il nostro regolamento prescrive per fissare la miccia alla capsula una tanaglietta che non sia di ferro, nè d'acciaio: tuttavia, siccome la tanaglietta deve presentare una certa solidità per l'uso cui è destinata, si dovrebbe ritenere che le morse o ganascie della tanaglietta fossero rivestite di rame o di zinco.

I calcatoi è bene siano di legno duro ed elastico: possono terminare all'estremità con un anello di rame o d'ottone.

L'esplosivo che s'introduce nella mina, deve sempre essere avvolto in carta.

Le varie cartuccie di dinamite si devono nella carica far combaciare le une alle altre per le estremità: Adoprandosi esplodenti piuttosto pigri a detonare, è prudente svolgere gli estremi delle cartuccie in guisa che esse formino quasi un'unica cartuccia continua.

Le cartuccie devono essere introdotte e spinte sul fondo del foro di mina con una certa lentezza, evitando ogni brusco attrito. L'ultima cartuccia che così si depone, è quella innescata. Su di essa s' introduce poscia dolcemente una pallottola di carta, e quindi si intasa il resto di canna rimasta vuota.

Per l' intasamento si ricorre a terra e argilla, scevre completamente di grani quarzosi o noduli duri, che sono poi costipate nel foro da mina. È buona regola confezionare delle salsiccie di carta, che contengano la borratura, del diametro del foro di mina e valersi di esse per l' intasamento. — Si può anche adoprare l'acqua per la borratura, ma allora è necessario servirsi di miccie con involucro impermeabile, e ben assicurare con grasso che l'acqua non possa arrivare a contatto della carica di fulminato dell'innesco.

Quando non s'impiega il tiro elettrico, si regola la lunghezza delle varie miccie in modo che le mine esplodano una dopo l'altra: Si deve aver presente che se la carica d'esplosivo si trovasse concentrata nel centro di gravità di un cubo di roccia, essa sortirebbe il massimo effetto utile, poichè darebbe luogo a quattro coni di proiezione. Si deve quindi aver cura di disporre la lunghezza delle miccie in modo che ogni colpo che parte, renda più efficace il seguente, preparando libero il maggior numero di faccie del cubo che si può immaginare circoscritto ad ogni mina.

La diversa lunghezza delle miccie deve permettere ai carichini di contare gli spari.

Le mine si fanno esplodere al termine di ogni turno di lavoro, ad ore quindi prestabilite. All'esterno si deve provvedere con segnali ottici ed acustici ad avvertire i passanti dello sparo delle mine, vietando il passaggio nelle zone soggette alle proiezioni di materiale.

Nei lavori sotterrani deve sempre essere sicura e comoda la ritirata dal cantiere all'operaio incaricato dell'accensione delle mine.

Gli operai devono durante gli spari delle mine ritirarsi in luoghi protetti da sufficienti diaframmi di roccie.

Quando una mina *manca*, ossia non esplode, non si può accedere sul cantiere se non dopo trascorsa almeno mezz'ora dalla partenza delle mine. La mina mancata non dovrà essere scaricata ma, liberata con precauzione dall' intasatura, se ne provocherà l'esplosione con un nuovo innesco. Quando ciò non possa farsi, si aprirà nelle vicinanze un nuovo colpo di mina, avendo cura ch'esso non s'avvicini più di venti centimetri al colpo *gravido*.

Partiti i colpi, nel disgaggio del cantiere si dovrà aver cura di non introdurre ferri nei fondelli rimasti dei colpi e ben osservare che non rimangano pezzi di cartuccie inesplose nel materiale, accadendo purtroppo soventi che o per deficenza delle capsule e per altre cause ignote, le cartuccie di dinamite non esplodano completamente.

CAPITOLO VII.

Lavori minerari

Gallerie, pozzetti e fornelli — Armature con legnami, metalliche, in muratura.
Pozzi maestri — Pozzi ordinari - Pozzi aperti in terreni acquiferi - Metodi speciali d'affondazione.
Abbattimenti sotterranei — Generalità. — Armature.

Gallerie pozzetti e fornelli.

284. Prima di intraprendere la coltivazione di un giacimento minerario, sia esso un ammasso, un filone od uno strato, è necessario *prepararlo alla coltivazione*, organizzando con opportuni lavori i *cantieri di abbattimento*.

Di questi ultimi ci occuperemo in seguito, mentre, per procedere con ordine, tratteremo prima dei *lavori di preparazione* propriamente detti, che consistono, essenzialmente, nell'apertura di *gallerie* e di *pozzi*, cioè delle arterie della futura miniera.

Mediante pozzi e gallerie opportunamente condotti, si raggiungerà dapprima il giacimento mineralizzato, che poscia, se ha sviluppo verticale, con altre gallerie verrà distinto in *piani di lavorazione* o *livelli:* ogni livello sarà in seguito diviso in *quartieri* di coltivazione.

Nei singoli quartieri troveranno posto i *cantieri di abbattimento* del minerale.

Così, con tale sistema di gallerie e di pozzi, rimarranno assicurate le comunicazioni fra i lavori interni e l'esterno, e cioè le vie necessarie per l'entrata e l'uscita degli operai nei cantieri, l'estrazione del materiale scavato, l'eduzione delle acque e la ventilazione della miniera o della cava.

285. **Gallerie.** — Le ordinarie gallerie (fig. 64) delle miniere hanno circa m. 2 d'altezza, e m. 2 di larghezza. La lunghezza naturalmente dipende dall'estensione del giacimento, o dal raggio di coltivazione riservato ad ogni pozzo o *sede d'estrazione:* in generale, per diversi motivi, raramente si superano due chilometri. Si contano però numerose gallerie assai più lunghe, nei bacini minerari di Saarbrücken, dell'Harz, di Freiberg, della Slesia, ecc., destinate principalmente allo scolo delle acque, che misurano diecine di chilometri.

Le gallerie delle miniere hanno talvolta l'imbocco a giorno. Ciò accade quando il giacimento trovasi sopra il thalweg della valle: la galleria può essere allora *intestata* nel giacimento, ma sovente invece accade che il giacimento, pur trovandosi ad un livello superiore della valle, non affiora in modo opportuno per attaccarvi direttamente delle gallerie ed allora si conducono gallerie, che attraversano roccie sterili per raggiungere poi il giacimento mineralizzato: queste gallerie prendono il nome di *traverso banchi.* Naturalmente si ha cura, compatibilmente colle circostanze topografiche locali, di dirigere il traverso banco in modo che esso abbia a riuscire più corto possibile.

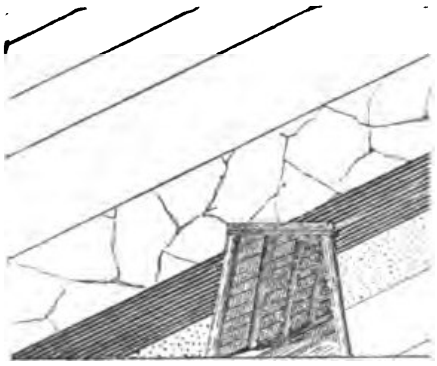


Fig. 64.

Quando sopra una falda montuosa si aprono delle gallerie a livelli successivamente più bassi, si hanno i *ribassi,* i quali sono distinti sovente con numeri progressivi.

Le gallerie però, come è naturale, non sempre partono dall'esterno, vale a dire non sempre hanno l'imbocco a giorno, anzi, siccome il più delle volte si devono coltivare giacimenti che si trovano a qualche profondità sotto la superficie del suolo e sotto il thalweg delle valli vicine, le gallerie partono dai pozzi della miniera e si dirigono nel giacimento.

Le gallerie delle miniere corrono in generale orizzontalmente, e solo si accorda la pendenza verso l'esterno, o verso il pozzo, necessaria per assicurare lo scolo delle acque. — La pendenza delle gallerie destinate al traffico dei vagonetti delle miniere, conviene sia tale da rendere (come vedremo innanzi) più economico possibile lo stesso traffico.

286. Nelle gallerie che si aprono a giorno, si accumulano all'imbocco i materiali sterili provenienti dallo scavo, a formare lo scarico, o *discarico,* che viene sistemato a costituire un *piazzaletto* all'imbocco della galleria. — Raggiunto il giacimento, se esso ha forma pianeggiante e cioè di un piano, che può però essere più o meno raddrizzato sull'orizzonte, le gallerie che corrono orizzontalmente nel giacimento si dicono *in direzione:* esse, infatti, seguono la direzione del giacimento. Le gallerie che seguono il giacimento ma che sono normali alle precedenti, se trattasi di uno strato inclinato, prendono il nome di *rimonte* o di *discenderie*, secondochè si dirigono a monte od a valle della galleria in direzione.

Nella coltivazione dei filoni o degli strati raddrizzati, le gallerie in direzione prendono anche il nome di *avanzamenti*. Le gallerie orizzontali e normali agli avanzamenti si dicono *traverse*.

Gli avanzamenti, secondo il modo in cui procedono, si distinguono coll'orientazione della galleria: così avanzamento nord, sud, ecc. Se si hanno due avanzamenti allo stesso livello, si distingueranno col precisare quello che trovasi *a tetto* od *a letto* dell'avanzamento principale, oppure riferendoli ai punti cardinali. Così pure si potranno avere le traverse a tetto od a letto del filone, traversa sud o nord, se il giacimento ha direzione E. W. ecc.

La comunicazione fra gallerie poste a diversi livelli di uno stesso giacimento può essere fatta mediante gallerie inclinate; quando esse assumono una pendenza superiore a 45°, prendono, più propriamente, il nome di *pozzi inclinati.*

Col lavoro a mano l'apertura delle gallerie di sezione normale viene praticata ordinariamente da due minatori, giacchè non sarebbe vantaggioso collocarne un numero maggiore al fronte di avanzamento, e colla divisione della giornata di lavoro in tre *turni*, *sciolte* o *mute* di otto ore ciascuno, l'apertura delle gallerie è affidata generalmente a *compagnie*, composte di sei minatori associati fra loro, che si succedono per coppie nel lavoro. Per i servizi accessori essi assumono dei manovali, ove ciò occorra per lo sgombro del cantiere ecc.

Le gallerie di miniera si aprono di solito con sezione trapezia, per facilitare la posa delle armature in legname: l'altezza si fa variare da 1.80 a 2.00 ed alla base e la larghezza e eguale all'altezza od alquanto minore. — Accade però sovente di aprire nelle miniere delle gallerie più strette, quando condizioni speciali, inerenti alla poca solidità dei terreni, lo richiedono; come pure accade

di praticare gallerie d'ampiezza maggiore, quando esse devono accogliere doppie linee di traino, od infine con dimensioni ancora superiori per altre particolari circostanze.

287. Nelle miniere metallifere generalmente le gallerie sono semplici: nelle miniere di carbone, e specialmente in Inghilterra e negli Stati Uniti, le gallerie sono doppie, e cioè costituite da due gallerie gemelle, parallele, che corrono a poca distanza l'una dall'altra: ad intervalli di 40 ÷ 50 m., tali gallerie sono fra loro collegate mediante traverse. In questo modo la galleria può procedere a fondo cieco senza che si abbiano inconvenienti per la ventilazione, poichè ogni volta che si apre una nuova traversa, si chiude quella precedente, e così l'aria che percorre una delle due gallerie trova in quella gemella la via del ritorno.

Queste gallerie gemelle sono talvolta ottenute praticando due gallerie distinte, nel qual caso rimangono fra loro isolate da una massa di roccia o di minerale in posto, che costituisce il diaframma; altre volte invece si aprono le gallerie gemelle, abbattendo il materiale sopra una larga sezione, e cioè su una larghezza eguale alla somma delle larghezze delle due gallerie e del diaframma, e disponendo poi lungo l'asse dello scavo un muro di pietrame a sostenere il tetto. Così per es. scavando una larga galleria di dieci metri di larghezza e due di altezza, e facendo seguire sull'asse dell'avanzamento il riempimento a secco, per es. di 6 metri di larghezza, si ottengono due gallerie parallele di 2 m. × 2 m. ciascuna, separate da un diaframma di 6 metri. Questo ultimo sistema si adotta quando le gallerie corrono nello strato mineralizzato che ha il tetto relativamente solido e quando anche l'abbattimento del minerale fornisce sul posto il materiale sterile destinato a costituire il sostegno o diaframma centrale: in questi casi, anzi, si proporziona la larghezza dello scavo iniziale in guisa di poter collocare nella sua parte mediana tutto il materiale sterile che si produce: la distanza delle gallerie gemelle dipenderà quindi, in questi casi, dal volume di materiale sterile che si ottiene nell'abbattimento.

288. In una galleria si distinguono la *suola*, i due *piedritti* laterali ed il *cielo* o *corona*. La suola delle gallerie che servono al trasporto, e che sono quindi percorse dai vagonetti che portano il minerale, è armata con binari: lateralmente, e cioè lungo un piedritto, si trova la *cunetta* destinata ad accogliere e convogliare le acque all'esterno od al pozzo. Le cunette talvolta sono rivestite di muratura o di gettata di cemento: quest'ultimo rivestimento, assai spedito a farsi con una sagoma, è generalmente preferito.

Quando la quantità d'acqua che deve transitare nella galleria è rilevante, e non potrebbe capire nelle ordinarie cunette, si sopraeleva con un ponte di travicelli il piano della galleria che porta le rotaie, e la parte inferiore della galleria si fa servire come canale d'acqua. Naturalmente occorre in tal caso aumentare l'altezza della galleria, per rendere possibile il passaggio del vagonetto e rivestirne in muratura la parte inferiore, ove sia necessario per stabilire il canale.

La direzione secondo la quale deve procedere l'avanzamento di una galleria, si indica ai minatori mediante due fili a piombo: se la galleria deve partire da un lavoro interno, la direzione viene individuata appendendo convenientemente due lampade nel tratto di galleria già scavato, in modo di individuare l'asse della galleria che deve proseguire.

Quando le gallerie debbono seguire una vena di minerale od un contatto di roccie, il minatore si regola nel lavoro in guisa che la vena od il contatto si mantengano nel piano mediano del fronte della galleria.

Allorchè la galleria deve conservare una costante pendenza, si usa, per le verifiche, montare un archipenzolo sopra un lungo regolo colla tacca in corrispondenza all'inclinazione che deve avere la galleria. Appoggiando tratto tratto l'archipenzolo sulla suola della galleria, se ne verifica la pendenza.

Il minatore, nel suo lavoro, tende involontariamente ad innalzare la suola della galleria, ed a deviarne la direzione verso le roccie meno resistenti che incontra nel percorso.

289. Se la roccia non è molto resistente, i minatori l'attaccano col piccone; se invece è resistente si valgono di mine.

L'occhio del minatore esperto sa trarre partito della diversa durezza delle roccie che eventualmente si presentano all'avanzamento, delle fenditure che offrono, della loro stratificazione, ecc. per rendere più spedito l'abbattimento: Così pure, se si usano mine, la pratica insegna nell'intestarle di valersi di dette circostanze per trarre dai colpi maggior effetto utile.

L'abilità del minatore nell'intestare i colpi ha grande importanza sulla rapidità dell'avanzamento. In uno stesso fronte ed a parità di lunghezza di fori di mina, un minatore scelto fa oltre un terzo di maggior avanzamento rispetto ad un minatore mediocre.

Generalmente nell'intesto delle mine si deve cercare di produrre un'entrata nella fronte, nella parte meno dura, scegliendo il punto più favorevole, e le mine successive si devono disporre in

modo che esse giochino contro superficie già rese libere. Quando un avanzamento procede normalmente alla direzione di un complesso stratificato, si accelera l'abbattimento servendosi dei *sottoscavi* o *puntate:* Se nell'avanzamento gli strati pendono verso la suola, la puntata deve praticarsi in corona, mentre la stessa puntata si dovrà aprire al piede del fronte di avanzamento, se la pendenza degli strati è opposta alla precedente. Praticata la puntata, con successive mine si abbatte l'intero fronte d'avanzamento della galleria, avendo cura che ogni colpo giochi contro faccie libere per ritrarne il maggior effetto.

Se la galleria misura una certa sezione e l'avanzamento è spinto con perforatrici, conviene in molti casi di adottare il *centre-cut* che consiste nel disporre dei colpi centrali convergenti poi gli altri colpi attorno ai primi man mano meno convergenti, per arrivare infine a colpi perimetrali paralleli all'asse della galleria od alquanto divergenti da esso. La disposizione dei colpi in un avanzamento deve essere in relazione coll'ordine di partenza che dovrebbero avere le mine. Il minatore determina tale ordine colla lunghezza rispettiva delle miccie applicate alle varie mine.

Quando l'avanzamento segue un filone od uno strato di minerale poco potente, conviene anzitutto intaccare le roccie incassanti il filone o lo strato prima di abbattere il minerale: ciò non solo facilita il lavoro, ma permette principalmente di raccogliere il materiale, evitando che si mescoli con molto sterile.

L'avanzamento delle gallerie nelle roccie tenere si pratica col piccone; nelle roccie dure colle mine. L'avanzamento di una galleria in roccie tenere col lavoro a tre mute o riprese di otto ore ciascuna, può progredire di $50 \div 60$ m. al mese: di soli $15 \div 25$ in roccie dure; di $6 \div 10$ metri in roccie durissime. In questi ultimi casi può specialmente convenire, per la rapidità degli avanzamenti, l'impiego della perforazione meccanica.

290. **Armamento delle gallerie.** — Le gallerie difficilmente si mantengono aperte dopo che furono scavate, se non si provvede ad armarle convenientemente. Man mano che la galleria progredisce, essa taglia i piani delle fessure naturali presentate dalle roccie, ed i blocchi, che prima si trovavano in equilibrio come le varie pietre di un muro ciclopico, vengono a trovarsi in mutate condizioni statiche, per cui sovente esse tendono a smuoversi ed a franare. Frequentemente tale rottura delle condizioni d'equilibrio provoca anche spinte formidabili nella galleria.

Quando poi la galleria attraversa formazioni franose o materie

mobili o plastiche, per effetto del vuoto prodotto tali materie si mettono in movimento e determinano delle pressioni, sovente fortissime, sulle pareti delle gallerie. Ad aumentare queste pressioni possono intervenire nelle formazioni schisto-argillose fenomeni di idratazione, per cui le argille a contatto coll'aria umida gonfiano, determinando colla dilatazione delle spinte assai potenti.

291. Nella maggior parte dei casi le spinte si manifestano lateralmente nella galleria e tendono, spostando piedritti, a restringerne la larghezza, ma sovente si verificano anche forti spinte in corona e in tali casi, quando i piedritti poggiano su formazioni alquanto plastiche, si verifica una diminuzione nell'altezza della galleria, dovuta a sollevamento della suola, mentre i piedritti affondano in essa.

Quando le gallerie sono aperte in formazioni argillose, accade talvolta che, pur mantenendosi con opportune armature integra la sezione della galleria, la direzione subisce a tratti degli spostamenti. Questi fenomeni sono dovuti ai movimenti, che avvengono nelle formazioni che comprendono la galleria, e ad essi non si può evidentemente porre riparo con opere praticate nella galleria. Così anche talvolta accade nelle miniere, che per scavi praticati nei livelli bassi, tutto il massiccio superiore mira ad adagiarsi, colmando il vuoto sottostante. Se il movimento in massa tende a chiudere le gallerie, riesce nella maggior parte dei casi difficile salvarle, perchè alle pressioni enormi che si manifestano, non reggono i rivestimenti ordinari ma si chiudono su sè stessi.

Questi fenomeni sono tanto più importanti quanto più la galleria ha ampia sezione.

Nelle formazioni omogenee e compatte, se le gallerie si mantengono aperte senza richiedere rivestimenti, si dà alla corona la forma di un arco a tutta monta. La galleria è allora *scolpita* nella roccia e si mantiene senza rivestimento. In terreni stratificati resistenti, la corona è sovente formata dal riposo di uno strato, ed essa quindi corre come un piano orizzontale od inclinato a seconda della posizione dello strato medesimo.

Quando le formazioni in corona non presentano assoluta sicurezza, è buona pratica disporre delle sommarie armature in legname, allo scopo principale di avvertire i minatori dei cedimenti che eventualmente può soffrire il cielo dello scavo, dando mezzo così di ripararvi fin dall'inizio, e di evitare l'inopinato distacco di materiali. Nelle gallerie che si reggono senza armature, è necessario sorvegliare la corona dove non si mostra assolutamente sicura, percotendola ed ascoltando il suono che dà la percossa.

È facile percepire con un po' di abitudine se, ad es., un lastrone presenta oppure no distacchi, non visibili ad occhio, dalle formazioni superiori: esso suona allora *a vuoto*, ossia dà un suono *falso*.

Infine, talvolta le gallerie aperte inizialmente in formazioni solide, sono in seguito destinate a far parte di vuoti delle coltivazioni: Così una galleria aperta in uno strato di carbone, è destinata a sparire se si coltiva il carbone che la comprende. In tali casi la galleria viene fortemente armata perchè possa mantenersi aperta attraverso il materiale sterile che colmerà il vuoto della coltivazione.

Il rivestimento delle gallerie si fa con legnami, con ferro o con muratura.

292. *Armature in legname.* — I rivestimenti di legname sono i più frequentemente usati: essi riescono economici, spediti, e di facile riparazione: Tuttavia i legnami dopo un certo tempo si guastano, o per rotture, o per infracidamento, e vanno sostituiti: le gallerie armate con legnami richiedono quindi delle spese di manutenzione, la cui entità dipende dalla natura dei terreni attraversati dalla galleria, capaci cioè di dare spinte più o meno forti al rivestimento, dalle condizioni di ventilazione e d'umidità delle gallerie, che favoriscono la conservazione od il deperimento dei legnami, ed infine dalla sorveglianza che si esercita e dalla manutenzione che si eseguisce, perchè non v'ha come la trascuranza nella manutenzione per precipitare lo sfacelo della galleria, essendo evidente che se in alcuni punti il rivestimento è divenuto difettoso e più non esercita sostegno, la pressione corrispondente grava sul rivestimento adiacente, il quale, anche se ancora sano, non può reggere alle nuove pressioni ed a sua volta cede: così il franamento si estende nella galleria con inaspettata rapidità.

Le gallerie sono armate disponendo a distanza, generalmente minore di 1 metro, dei robusti *quadri* di legname, costituiti da due *gambe* o *montanti* e da un *cappello*. Le unioni od incastri sono fatti sommariamente all'ascia con semplici intaccature od aggiustature: essi differiscono di forma nei vari paesi secondo le abitudini locali, ma essenzialmente non devono indebolire i legnami, devono anzi conservar loro il più possibile la resistenza propria che s'opporrà alle spinte esterne, poichè è evidente che le spinte dei terreni tendono a chiudere i quadri. La forma ordinaria dei quadri è quella d'un trapezio: il cappello è parallelo alla suola e le due gambe sono alquanto inclinate e disposte con divergenza

verso il basso. Il quadro normale delle gallerie da miniera comporta quindi tre pezzi di legname, due di circa m. 2.25 di lunghezza ed uno di circa 1.40 m. di lunghezza: esso è collocato in un piano normale alla direzione della galleria.

Allorchè la suola della galleria non è molto resistente, può darsi che per la spinta che grava il quadro, le gambe affondino nel terreno: il quadro allora è reso completo, disponendo contro la suola della galleria un quarto pezzo di legname a chiudere il quadro, che prende il nome di *suoletta*.

Viceversa, i quadri possono essere solo parzialmente costituiti: Evidentemente se uno dei piedritti della galleria è solido per un certo tratto in altezza, si può sopra esso appoggiare una gamba di minor lunghezza: si ha allora il *quadro zoppo* (fig. 65). Se tutto il piedritto è sano, il quadro può ridursi al semplice cappello ed all'altro montante; se entrambi i piedritti non richiedono rivestimento, si possono disporre nella galleria semplicemente i cappelli ecc.: in ogni caso si cerca sempre di risparmiare legname.



Fig. 65.

La distanza normale fra i quadri è di un metro: però se le spinte sono forti, si avvicinano maggiormente fra loro ed in alcuni casi si dispongono anche a contatto. Tuttavia accade talvolta che neppure così armata la galleria resiste alle forze spingenti dei terreni: Si provvede allora a rinforzare i quadri con *rinterzi* e se questi sono ampi, *sbadacchiandoli*.

In alcuni casi invece si costituiscono degli apparecchi di legname più robusti. La sezione della galleria soventi da trapezia diviene allora ellittica, mediante una serie di legnami disposti orizzontalmente, magari fra loro collegati per maggior solidità con dei ferri piatti.

293. Attorno agli ordinari quadri, quando sono posti ad intervalli, si dispongono, per sostenere il terreno, le *guarniture*, costituite da ceppe, oppure da sfasciature, da bastoni o fascine. Gli elementi dei quadri occorre siano posti bene in un unico piano e in contrasto fra loro e col terreno: è necessario che dietro i quadri e le guar-

niture non vi siano vuoti, ma che questi siano colmati per evitare la forza viva delle eventuali frane, che agirebbe fortemente sul rivestimento.

Quando i terreni sono molto spingenti, come sovente accade per alcune argille che gonfiano a contatto dell'aria, si può vantaggiosamente fare da principio un rivestimento provvisorio con quadri alquanto distanziati fra loro: L'argilla, gonfiando, esce fra le gambe dei quadri ed invade la galleria, la cui sezione occorrerà mantenere sgombra, ma dopo un certo tempo poi accade che le spinte delle argille si arrestano ed allora si potrà procedere al rivestimento definitivo.

In qualche regione, p. es. nel Pas de Calais, s'usa, nei terreni spingenti, appuntire inferiormente le gambe dei quadri: Il quadro

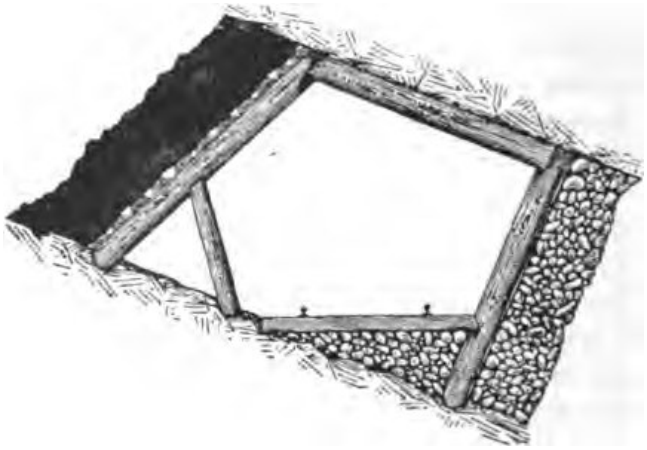


Fig. 66.

cede sotto la spinta, ma i legnami non si deteriorano; occorrerà allora semplicemente rialzare la corona della galleria.

Siccome le gallerie debbono evidentemente aver la suola orizzontale, così quando esse corrono in strati non molto potenti e inclinati assumono soventi sezioni diverse dalla solita trapezia. Nella figura 66 è rappresentata una galleria in direzione aperta in uno strato di carbone poco inclinato, che è stato coltivato fino alla suola della galleria: il vuoto fu riempito di materiale sterile.

294. È importante la buona scelta del legname che deve costituire i quadri per diminuire le spese di armamento delle gallerie: i vari pezzi devono essere sani e delle dimensioni che la buona pratica ha prescritto, ad es. pei quadri la punta dei montanti non deve

essere minore di 0.15. Occorre poi scegliere in ogni caso le essenze più adatte, perchè i legnami abbiano a mantenersi sani pel maggior tempo possibile in miniera. La durata dei legnami in miniera dipende essenzialmente dalle condizioni alle quali essi si trovano sottoposti. Fra le cause del rapido deperimento dei legnami sono da citarsi le alternanze di secco e di umido e la ventilazione deficiente. L'acqua delle miniere invece concorre in generale alla conservazione dei legnami se li bagna in modo continuo: Tali acque sono generalmente ricche di solfati metallici ed i legnami da esse irrorate si mantengono sani quasi per un tempo indefinito. È infatti pratica corrente di così conservare sommerse, se è possibile, le armature delle gallerie profonde, quando si debbono abbandonare per lungo tempo.

Si usa in alcune miniere provvedere alla miglior conservazione dei legnami, o carbonizzandoli superficialmente, oppure spalmandoli con calce, creosoto, catrame o carbolineum, od infine facendoli penetrare, come s'usa per le traversine ferroviarie, da solfati di ferro, d'allumina, di rame o di cloruro di zinco. Le esperienze fatte a Commentry in Francia col solfato di ferro pare abbiano dato buoni risultati; una semplice immersione di 24 ore aumentava notevolmente la durata dei legnami.

I peggiori nemici dei legnami sono gli insetti che li cariano, e le vegetazioni crittogamiche: Nei paesi tropicali, specialmente nell'Africa, le formiche bianche distruggono in breve tempo ogni resistenza nei legnami e sono vere nemiche nelle miniere.

Percuotendo col martello un quadro collocato a posto, dal suono che esso rende si giudica facilmente del suo stato di conservazione, e se è posto in conveniente contrasto colla roccia.

Nelle miniere sono naturalmente prescelte quelle essenze che ben resistono agli sforzi dinamici, alle azioni degli organismi e che costano relativamente poco. Quindi la scelta dei legnami è affatto regionale. La quercia è forse la migliore delle essenze pei lavori di miniera, ma il prezzo è ovunque elevato, per cui si adopra solamente in certi casi, quando è necessario che il rivestimento si conservi a lungo senza richiedere riparazioni, come ad es. nei pozzi. Il castagno, l'elce sono ottimi legnami di miniera; così pure la acacia, da noi però pochissimo usata.

Gli eucaliptus sono largamente adoperati in Africa (1) e nell'Au-

(1) Specie *globus*.

stralia (1): e queste piante per il rapido loro sviluppo sono colà convenienti per alare boschi, in prossimità delle miniere.

Fra le essenze resinose la più pregiata per gli usi minerari è il *pino silvestre:* benchè alquanto fragile. Il pino marittimo accentua questo difetto. Tuttavia i pini, pel modesto loro peso specifico e per la rettilineità dei pezzi che forniscono, vanno annoverati fra i migliori legnami da miniera.

I quadri delle gallerie possono durare — a parte quanto riflette gli sforzi di pressione — anche solo sei mesi od un anno; in condizioni normali durano $3 \div 5$ anni; in condizioni eccezionali assai più.

Il costo dei quadri si può da noi valutare circa L. $0{,}50 \div 1{,}00$ al metro: un quadro di pino o di elce costa circa $4 \div 6$ lire di solo legname, e si può valutare L. $2{,}50 \div 3$ per la posa in opera.

Alcune miniere possiedono macchine speciali per fare economicamente gli incastri: con tali macchine un operaio arriva a preparare da 2 a 3 mila pezzi di legno al giorno. Nelle nostre miniere tale lavoro è fatto dagli stessi *imboscatori* (così si chiamano gli operai addetti agli *imboscamenti,* ossia ai rivestimenti od armature di legnami che si stabiliscono nei sotterranei) che attendono alla posa dei quadri.

295. *Armature in ferro.* — In alcune gallerie per resistere a spinte forti si adottano dei quadri metallici: Così nelle miniere di lignite di Spoleto si costituiscono dei quadri con quattro pezzi di rotaie tenuti in sesto semplicemente con quattro maglie ovali negli angoli. Questi quadri si prestano facilmente ad essere smontati e trasportati ove occorrono ulteriormente.

Il ferro e l'acciaio hanno una resistenza oltre dieci volte superiore a quella del legno, per cui la durata nelle miniere dei quadri metallici è assai lunga, se non v' hanno acque corrosive. Coi rivestimenti metallici si realizza quindi una rilevante economia nel capitolo « manutenzione delle gallerie ». Oltre a ciò il quadro metallico restringe assai meno del quadro in legname la sezione utile della galleria e non è soggetto a distruggersi per gli incendi che talvolta funestano alcune miniere.

Ma, evidentemente, l'impiego del ferro nelle miniere può adottarsi per sostegni in concorrenza del legno, solo nelle regioni ove vi sono degli stabilimenti metallurgici, che vendono alle miniere

(1) Specie *lucoxylon.*

lo scarto della loro fabbricazione di laminati ad un prezzo molto basso: Ciò accade ad es. da noi per le sole miniere di Spoleto, che appartengono alla Terni, ma nel Belgio, in Francia ed in Inghilterra sono numerose le miniere in prossimità alle grandi ferriere, per cui l'impiego del ferro nei lavori sotterranei è colà assai diffuso. — I sostegni metallici però presentano minor elasticità di quelli di legno.

Per la necessità di conservare a lungo i traverso-banchi nelle miniere di carbone che coltivano fasci di strati, i rivestimenti metallici furono studiati e perfezionati specialmente nel Belgio e nel bacino di Saarbrück nella Prussia Renana. La forma trapezia fu raramente mantenuta nel quadro metallico, benchè ne rendesse spedita la messa in opera, valendosi, ad esempio, di anelli o di pezzi a ⅃ negli angoli per tenere in sesto le gambe del quadro col cappello e la suoletta. Generalmente si ricorre invece a rivestimenti curvilinei, e le armature metalliche, che serbarono impropriamente il nome di quadro, presentano forma ellittica, ma colla parte inferiore che va restringendosi per chiudersi con pochissima curvatura in basso ad anello. A costituire il quadro completo occorrono allora due pezzi opportunamente curvati nel modo anzidetto, che si riuniscono fra loro per mezzo di piastrine chiodate sul posto. I vari quadri sono poi collegati fra loro, nel senso delle generatrici della galleria, per mezzo di ferri orizzontali. Nelle miniere di carbone che coltivano le officine Cockerill a Seraing (Belgio), sono molto usati dei quadri ellittici, costituiti con ferri che pesano oltre 30 chilogrammi al metro corrente. Un quadro intero pesa 230 chilogrammi, ma costa colà solo 34 franchi.

Talvolta, anzichè rotaie, s' impiegano dei ferri ad I di circa 20 kg. al metro, opportunamente piegati. I quadri in ferro sono posti, a distanze convenienti, contro la roccia e sono rivestiti esternamente delle solite guarniture di legname.

Assai più usati dei rivestimenti di solo ferro sono quelli misti di ferro e legno, di ferro e muratura, coi quali si utilizzano le rotaie di scarto opportunamente tagliate per sostenere generalmente la corona delle gallerie, mentre i piedritti sono di legname o in muratura.

Quando si verificano delle spinte laterali in corona, i cappelli metallici dei quadri sono ripiegati agli estremi in modo di assicurare lo scartamento necessario fra i piedritti.

296. ***Rivestimenti in muratura.*** — Per le gallerie destinate a lunga vita è conveniente — specialmente nelle nostre miniere —

di sostituire il rivestimento in legname con quello in muratura. La sezione utile della galleria viene, colle murature, diminuita, per cui occorre uno scavo iniziale alquanto più ampio. Il rivestimento si fa di pietrame con buona calce idraulica e si costruisce in diversi modi: o consiste in due piedritti, ed in una volta a pieno centro, oppure la muratura forma nei terreni spingenti un anello completo, nel qual caso si adotta la forma ellittica col maggior asse verticale, e si stabilisce il piano inferiore con un voltino, oppure con legname, per la posa della strada. La parte inferiore dell'elisse serve di cunetta per l'acqua. Nella galleria superiore della figura rappresentante la coltivazione a gradini di un filone, si osserva appunto un tratto di galleria rivestito nel modo accennato.

Questi rivestimenti in muratura si compiono stabilendo delle centine di tavole, che si fanno avanzare colla muratura. È conveniente che il disarmo degli archi avvenga prima che le malte abbiano fatto completa presa, ed è necessario di non lasciare vuoti fra la muratura e la roccia, ma bensì di riempire ogni vano con pietrame od argilla. Soventi dietro le murature si lasciano i quadri di legname che prima armavano la galleria; ciò però costituisce una cattiva pratica, potendo, in seguito, formarsi pei vuoti dei franamenti e quindi nascere delle spinte dinamiche sul rivestimento.

È naturale che quando i piedritti della galleria per essere di buona roccia sono resistenti, si può economizzare della muratura e fare solo dei rivestimenti incompleti in forma di archi. Lo spessore delle murature per rivestimento di gallerie è almeno di 50 centimetri.

297. Il costo della sola mano d'opera per metro di galleria con voltino e piedritti di m. 1,40 d'altezza e distanti m. 1,50 è circa di L. 10 ÷ 15. Questa spesa è relativamente forte, e ad essa va aggiunta quella di trasporto del materiale lungo i sotterranei. Si costruiscono quindi in alcune miniere dei conci geometrici in calcestruzzo di cemento, che colla semplice sovrapposizione costituiscono il rivestimento. Si ha così economia di mano d'opera, di trasporto e di calce, oltrechè si possono adottare con queste murature degli spessori minori, e cioè di 0,25 - 0,35. I conci si fanno economicamente in molte miniere cogli sterili della preparazione meccanica dei minerali, aggiungendo 250 chili di cemento per ogni m^3 di calcestruzzo e damando l'impasto in appositi stampi. I conci pesano 25 Kg. ciascuno. Il costo di mano d'opera di ogni concio è L. 0,05. Il costo dei conci è circa L. 15 per m. corr. di galleria rivestita. Talvolta si costruiscono invece dei rivestimenti monolitici

di cemento, specialmente per volte di protezione di pozzetti o per camere di macchine.

I rivestimenti in muratura costano molto più dei rivestimenti in legname, ma la loro durata è incomparabilmente maggiore, per cui si eliminano le gravose spese di manutenzione degli esercizi futuri. Il caro prezzo dei legnami ed anche la loro relativa rarità, diede grande sviluppo alle costruzioni murarie nelle miniere per tutte le opere destinate a lunga vita, e si può ritenere che le applicazioni dei rivestimenti con conci di cemento e forse anche di cemento armato, sia per le gallerie come pei pozzetti incontreranno sempre maggior favore.

298. *Rivestimenti speciali.* — Quando con gallerie si attraversano terreni mobili o sciolti, come sabbie, ghiaie, argille franose, ecc. oppure si attraversano quei terreni acquiferi che, per avere la consistenza del fango (*boue*), sono chiamati dai francesi *boulants*, è indispensabile far precedere il rivestimento allo scavo, e sovente è mestieri armare oltrechè i piedritti ed il cielo dello scavo anche la suola e il fronte di avanzamento. Se poi le gallerie devono avere notevole sezione, il problema di spingerle attraverso terreni di tale natura diventa oltremodo complicato. Difficoltà di questo genere s'incontrarono, ad es., nella galleria di Meudon, presso Parigi, i cui ultimi 54 metri, incontrando delle sabbie acquifere, richiesero oltre un milione di franchi di spesa: nella galleria del Sempione si dovettero pure vincere analoghi ostacoli.

Nelle miniere, quando la galleria deve semplicemente attraversare terreni franosi, si procede col metodo detto a *marcia avanti:* la galleria viene, cioè, individuata nel terreno spingendo con mazze, a viva forza, nel fronte di avanzamento delle robuste tavole, soventi ferrate a cuneo, di 8 cent. di spessore, e 25 ÷ 30 di larghezza, in guisa di formare come una serie di tramoggie piramidali, incomplete in basso, di cui ognuna sopravanza di un certo tratto la precedente. Nella fig. 67 è rappresentato l'apparecchio che serve per questi lavori: *b* sono le tavole; *a* dei quadri, opportunamente disposti, che guidano le tavole nella marcia in avanti, e costituiscono quasi le sagome attorno cui si dispongono le tramoggie.

I quadri sono fra loro collegati per mezzo di pezzi orizzontali. Il fronte d'avanzamento della galleria è armato di tavole tenute a posto con puntelli orizzontali. Come si vede dalla figura, le tavole devono avere una lunghezza tripla della distanza che separa i quadri, e quando i terreni sono acquitrinosi, devono presentare

i fianchi laterali rettilinei, per dare delle connessure regolari che si possano calafatare con stoppa e catrame. — L'operazione della posa di un corso di tavole per costituire una tramoggia si conduce nel modo seguente:

Sotto il quadro estremo *a* si trova un quadro interno, contro

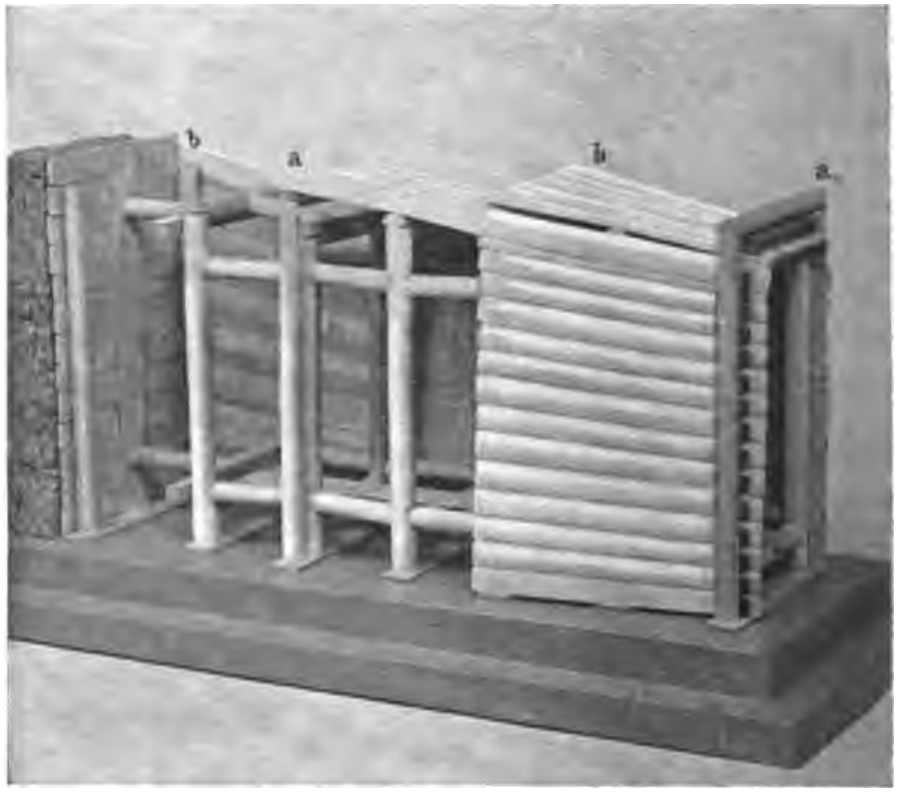


Fig. 67.

il quale poggiano direttamente le tavole: queste sono mantenute divergenti verso l'avanzamento per mezzo di cunei in legno che in figura si vedono disposti sotto il quadro esterno. A metà lunghezza delle tavole *a b* è situato un altro quadro eguale al primo interno, e munito all'estradosso di cunei semplici; all'estremità *b* è situato un terzo quadro, analogo di dimensioni ai due precedenti, sul quale sono disposte due serie di cunei, l'una sopra l'altra, e d'altezza uguale a quella del contorno *a*. In tal modo le tavole assumono l'inclinazione conveniente per permettere l'operazione.

Per collocare la tramoggia successiva, si toglie il cuneo inferiore del quadro *b* e nello spazio che rimane si fa penetrare una

tavola, che colla mazza verrà spinta nel terreno. Similmente si procederà per le tavole contigue: si favorisce la penetrazione, togliendo il terreno che rimane compresso nella nuova tramoggia. Quando la serie di tavole si è avanzata d'un tratto sufficiente, si colloca avanti un nuovo quadro coi rispettivi cunei: vi si fanno appoggiare le tavole, le quali, così guidate fra i due quadri, saranno maggiormente spinte nel terreno. Si scava il terreno racchiuso nella seconda tramoggia fino a collocare il terzo quadro *a*: si mettono a posto le due serie di cunei e vi si fanno appoggiare le tavole della seconda tramoggia.

Si ricomincia allora l'inserzione di un nuovo contorno di tavole, togliendo i cunei inferiori che poggiano sull'ultimo quadro. A viva forza si spingeranno nel terreno le tavole della nuova tramoggia, mentre scavando il terreno si creerà lo spazio necessario per collocare il successivo quadro *b*, ecc.

In ciascuna tramoggia ogni tavola rimarrà separata dalla tavola della tramoggia precedente, mediante un cuneo, ed appoggerà direttamente sul primo quadro: nel quadro intermedio ogni tavola appoggerà sopra un cuneo semplice, ed il quadro estremo porterà su due cunei, sostenuti dal quadro stesso: l'inferiore di tali cunei verrà poi sostituito dalla tavola corrispondente della tramoggia successiva.

299. Allorchè il terreno che si tratta di attraversare, è sabbioso e colante per l'acqua che contiene, si completano le tramoggie in basso, guarnendo la suola della galleria con delle *punte* o cunei piramidali di legno, infitti a viva forza nel terreno; così pure — ove occorra — si protegge lo scavo dalle invasioni di materiale dal fronte.

Con questa ultima disposizione, talvolta, togliendo qualche pezzo si regola l'efflusso del fango nella galleria, rendendo così possibile l'arretramento del fronte della galleria stessa, agendo con mazze sopra la testa dei cunei.

Talvolta questi cunei sono costituiti da pezzi di legno cilindro-conici, di 12 ÷ 15 cent. di diametro e della lunghezza di 35 centimetri. Gli interstizi che rimangono fra essi, sono imbottiti di fieno o paglia: in questo modo si stabilisce al fronte d'avanzamento una specie di filtro che mentre trattiene il fango, permette all'acqua di colare. Si fa avanzare l'apparecchio nel terreno battendo con mazze sui cunei e quando il fronte s'è così arretrato di 12-15 cent., si conficca al piede una nuova serie di cunei o punte verticali, parimenti intasando i vuoti che fra essi rimangono, con fieno. Sopra

tale guarnizione di cunei di legno si stabiliscono poi i travicelli sui quali poserà la suola dei quadri destinati al rivestimento.

Per l'apertura di alcune gallerie di sezione ragguardevole in terreni sabbioso-acquiferi; si ricorse ad una specie di armatura metallica tubulare, la quale spinta contro il terreno rende possibile il lavoro di scavo, mentre anche permette di praticare il rivestimento definitivo metallico, o in muratura, della galleria scavata. Parecchi di questi apparecchi servirono per praticare i tunnell sotto il Tamigi, ed a Parigi per la ferrovia metropolitana ed il collettore di Clichy. Prendono il nome di *escavatori diretti a piena sezione*

Alcune gallerie analoghe furono aperte coll'aiuto dell'aria compressa o colla congelazione dei terreni come vedremo più innanzi.

Quando invece si debbono aprire gallerie di sezioni notevoli attraverso terreni difficili di questa natura, è necessario progredire per piccole porzioni della sezione, che successivamente poi si allarga, mantenendo le pareti con robuste armature.

300. **Pozzetti e fornelli.** — Nelle coltivazioni di petrolio, gas, acque salate, come abbiamo veduto, il sondaggio costituisce il *pozzo* della miniera. In tali miniere, quindi, si moltiplicano col progredire delle coltivazioni i sondaggi e si abbandonano completamente quelli che hanno esaurito l'immediato campo produttivo. Ove invece si coltivano filoni profondi o strati sotterranei estesi, il pozzo costituisce l'organo principale della coltivazione, e stabilisce una via d'accesso fra i cantieri sotterranei e la superficie del suolo. In ogni miniera tali vie debbono essere, per ragioni di sicurezza, almeno due, indipendenti l'una dall'altra, ed ove non si possa trar partito di gallerie comunicanti coll'esterno, dovranno esistere nella miniera almeno due pozzi, posti fra loro in relazione per mezzo di gallerie. Saranno questi i pozzi principali, o maestri, della miniera, e della loro ubicazione ci occuperemo in seguito.

Dai pozzi maestri partono i diversi traverso-banchi che tagliano le gallerie di direzione, le quali dividono il giacimento nei diversi livelli. Dove il traverso-banco, o la galleria condotta in direzione, comunica col pozzo, si ha una camera generalmente allungata per facilitare le manovre, che prende il nome di *ricetta* dal francese *recette*. Le varie ricette stabiliscono colle loro quote i livelli delle coltivazioni, ed in generale si aprono ogni 30 ÷ 50 m. circa. Il pozzo continua sotto l'ultimo livello della miniera per almeno 20-30 m. costituendo così una capacità destinata ad accogliere le acque che prende il nome di *puisard*.

Fra le gallerie dei vari livelli delle coltivazioni, che seguendo

il giacimento si allontanano dal pozzo, s'aprono sempre delle comunicazioni che costituiscono dei *pozzetti interni* della miniera, i quali non sbucano a giorno, ma generalmente sono limitati fra due livelli: essi servono a stabilire circolazioni d'aria, a rendere possibile il getto dei materiali dal livello superiore a quello inferiore, a permettere il passaggio degli operai fra i livelli, ad aprire infine dei livelli intermedi fra quelli esistenti, a far scendere acque. ecc.

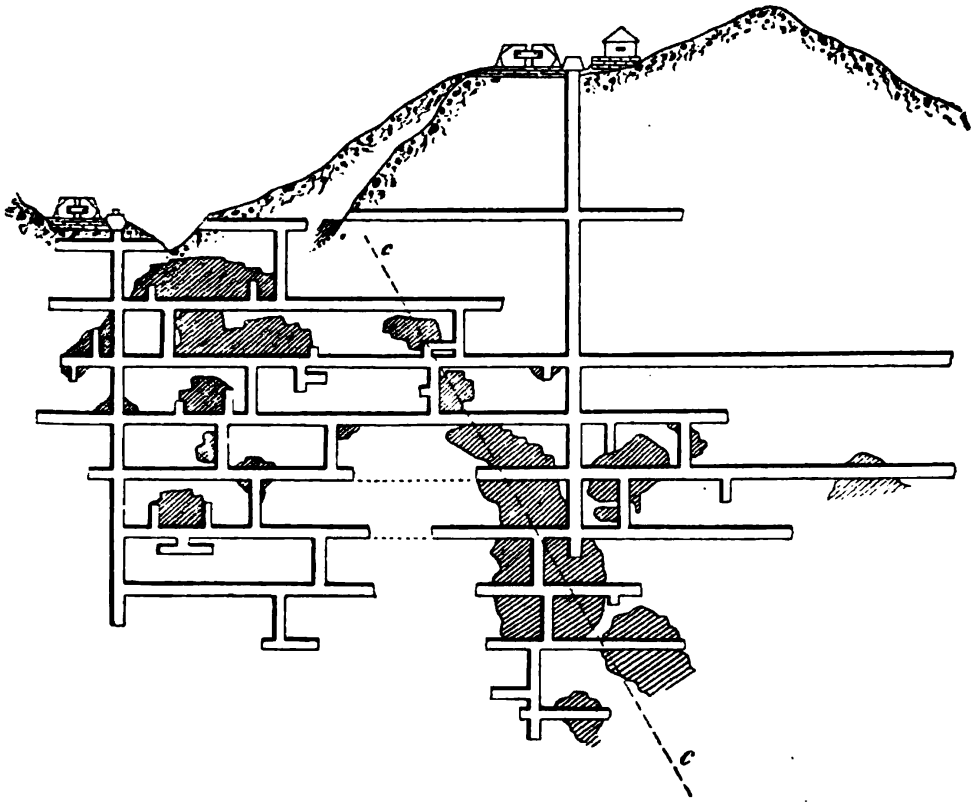


Fig. 68.

La figura 68, rappresenta il tracciato di gallerie in un giacimento filoniano; si vedono i due pozzi principali, una serie di *livelli* coi relativi *pozzetti* di comunicazione. Talvolta queste comunicazioni interne hanno dimensioni notevoli e mettono in comunicazione diversi livelli importanti, sono armate, come i pozzi principali, di macchine d'estrazione poste nel sotterraneo: costituiscono allora dei vèri *pozzi interni* della miniera.

301. I pozzetti ordinari che corrono fra i diversi livelli delle miniere metallifere non sono quasi mai verticali, perchè, in generale,

furono aperti seguendo il giacimento anche allo scopo di riconoscere il minerale o di esplorare il massiccio. In generale si dà il nome di *pozzetto* alle comunicazioni aperte verso il basso, di *fornello* invece a quelle che furono aperte dal basso verso l'alto. Le sezioni dei pozzetti e dei fornelli misurano m. 1 × 1 se servono per semplici comunicazioni di passaggio d'aria o per getto di materiale — in questo caso prendono il nome di *trombe* di *getto* — e sono di m. 2 × 2 se devono accogliere scale.

Per affondare un pozzetto in roccia dura si incomincia ad intestare verso il centro, tre o quattro colpi convergenti, in modo da far saltare un cono centrale di roccia; poscia con altri colpi di mina guidati attorno all'apertura centrale, si cerca di sistemarne la sezione. Quando il pozzo ha raggiunto la profondità di parecchi metri, è bene per l'accensione delle mine, se è fatta a mano, disporre oltre una scala leggera, che può essere tirata su con funi, anche una fune a nodi, scendente nel pozzo, giacchè si è verificato il caso che per errore fosse tolta la scala mentre l'operaio destinato ad accendere le mine si trovava ancora nel pozzetto.

Il materiale abbattuto sul fondo del pozzetto viene sollevato alla bocca mediante un semplice verricello mosso da due operai, sul quale si avvolge la fune che porta ai due capi le *benne*, o recipienti destinati ad accogliere il materiale da sollevare. Il verricello si monta direttamente sopra il pozzo ed appoggia sul robusto impalcato che copre superiormente il pozzetto.

Se per mantenere in posto le pareti è necessario armare il pozzetto, il rivestimento si fa con quadri disposti normalmente all'asse del pozzetto, ben messi in contrasto e guarniti esternamente. Essi sono collegati uno all'altro con montanti o *portanti* agli angoli, e tutta l'armatura fa capo ad un quadro superiore formato con lunghi legnami, che appoggiano sul terreno adiacente al pozzetto.

Se il pozzetto accoglie acqua, bisogna estrarla con una pompa aspirante-sollevante che si fa scendere man mano progredisce l'affondazione del pozzo. Sul fondo del pozzetto si pratica allora un piccolo *puisard* nel quale si fa pescare l'aspirante della pompa. Sul costo del lavoro a pozzetto grava evidentemente l'estrazione del materiale e dell'acqua.

Nell'aprire un fornello invece, il lavoro si intesta al livello inferiore, ed i minatori stabiliscono i colpi di mina successivamente in alto, sulla volta dello scavo; man mano che il fornello si innalza, i minatori si sostengono con opportuni palchi di legname. Non v'ha spesa per sollevare il materiale abbattuto, nè occorre provvedere

all'esaurimento dell'acqua, ma il lavoro d'aprire i fori da mina è assai più faticoso che nel caso precedente; senza contare che all'atto del brillamento delle mine il legname dei palchi verrebbe guastato, se non si provvedesse a ritirarlo: occorre quindi anche una certa mano d'opera per fare e disfare i tavolati.

Quando il fornello si spinge ad una certa altezza, occorre provvedere a ventilatori, perchè la circolazione dell'aria diviene difficile e deficiente, specialmente se la galleria inferiore è poco ventilata. Tuttavia, ciò malgrado, il lavoro a fornello riesce in molti casi più economico del lavoro a pozzetto, ed è preferito.

È poi naturale che quando occorre stabilire rapidamente una comunicazione fra due livelli, si aprono contemporaneamente un fornello ed un pozzetto, destinati a congiungersi ed a creare così la comunicazione.

302. L'armamento dei pozzetti e dei fornelli, quando esso occorre per la natura del terreno, è assai semplice, e consiste in una serie di quadri quadrati o rettangolari posti in piani normali all'asse del pozzetto a convenienti distanze l'uno dall'altro: esternamente i quadri portano le solite guarniture.

Ogni quadro è posto in contrasto colle pareti dello scavo, ma a lavoro finito ciascun quadro potrà appoggiare sopra quello immediatamente inferiore mediante i portanti che si dispongono ai quattro angoli del pozzetto.

Se la comunicazione è fatta a fornello, si stabilisce in basso, solidamente, un primo quadro *portante* a sostegno degli altri; se invece si lavora a pozzetto, l'armatura, durante l'approfondimento, è collegata con un quadro superiore, posto alla bocca dello scavo e che è formato con travi più lunghe dei lati del pozzetto.

Quando le comunicazioni debbono servire pel getto del materiale, oppure quando occorre un rivestimento robusto, i quadri si dispongono a contatto l'uno dell'altro. Siccome poi, per necessità di lavoro, i pozzetti che devono servire come trombe di getto, sono generalmente scavati più ampi di quanto occorre, si riempie artificialmente, perchè la costruzione riesca solida, lo spazio compreso fra il rivestimento e la parete del pozzetto.

Se queste piccole comunicazioni raddrizzate debbono servire a lungo, si usa rivestirle di muratura: la sezione è allora ellittica o circolare. La muratura è di pietrame o di conci di cemento.

Soventi nel corso di alcune coltivazioni accade che attraverso ai materiali di ripiena, che si vanno accumulando per colmare i vuoti delle coltivazioni, si debbano mantenere delle comunicazioni verticali per passaggio agli operai, per getto del materiale, ecc.

Si ricorre allora alla sovrapposizione di quadri in legname che rimangono poi serrati nella ripiena che si eleva man mano. Si costituisce allo stesso modo la comunicazione verticale con murature o con conci di cemento. Si hanno così dei fornelli a quadretti e murati che salgono colle coltivazioni.

Se queste comunicazioni devono servire per il getto di materiali, è bene che s'innalzino verticalmente o quasi, e siano rastremate alquanto verso l'alto per ovviare agli intasamenti.

303. Se il pozzo deve attraversare terreni molto teneri, l'ordinario metodo di scavo colle mine viene bandito, e si intacca la roccia col piccone: se poi i terreni sono franosi, allora è necessario ricorrere a mezzi speciali. Sovente si adottano disposizioni analoghe a quelle spiegate per la marcia avanti nelle gallerie. — L'apparecchio in legname si spinge quindi verticalmente in basso, anzichè orizzontalmente in avanti, come si disse per le gallerie: molte volte tale apparecchio è costituito da una serie di ferri a [ed a I o di laminati speciali che si affondano nel terreno l'uno vicino all'altro, in modo che, compenetrandosi parzialmente colle forme delle loro sezioni, costituiscono una specie di rivestimento continuo.

Nei terreni sabbiosi si adottò in qualche caso la seguente disposizione: si affondò una serie di tubi di ferro sul contorno del pozzo, collegati l'un l'altro con laminati speciali: all' interno dei tubi se ne disposero altri più piccoli, nei quali con una pompa si inviava dell'acqua sotto pressione: questa, risalendo fra i tubi, portava fuori della sabbia e facilitava così l'affondazione del rivestimento, che si eseguiva con una pressa idraulica, valendosi del tagliente dell'apparecchio stesso in ferro.

Pozzi maestri.

Scelta l'ubicazione più conveniente per l'apertura del pozzo maestro in relazione al servizio che dovrà compiere, questo si affonda — salvo casi speciali — verticalmente.

Anticamente i pozzi delle miniere metallifere si solevano aprire sugli affioramenti del giacimento per seguire il minerale come esso profondavasi, verticalmente cioè o con forte inclinazione. Si traeva così partito del minerale che si scavava coll'apertura del pozzo, ma si gravava tutto il futuro esercizio delle maggiori spese proprie dei pozzi inclinati: l'estrazione del materiale riesce, infatti, più costosa

se fatta lungo un piano inclinato anzichè verticalmente. Anche in numerose miniere che coltivavano strati, furono aperti pozzi inclinati e talvolta delle lunghe discenderie o piani inclinati. Oggi, salvo casi eccezionalissimi, dovuti alla natura dei terreni circostanti, non si aprono che pozzi rigorosamente verticali, sebbene si debbano poi aprire gallerie in traverso banco, più o meno lunghe, per raggiungere il giacimento nei diversi livelli.

La posizione del pozzo rispetto al giacimento, dipenderà da considerazioni relative alla stabilità dei terreni ed al regime delle acque sotterranee: Trattandosi di un filone o di uno strato verticale, gli è evidente che potrà, a seconda dei casi, interessare il letto oppure il tetto del giacimento.

Per quanto riguarda le relazioni del pozzo col giacimento, bisogna notare che se questo è potente e se il pozzo interessa le formazioni del tetto, le coltivazioni potranno dar luogo a movimenti in tali formazioni, da alterare la verticalità del pozzo con grave danno dei servizi d'estrazione.

Dal pozzo praticato fuori del giacimento, devono poi correre dei traverso-banchi a raggiungere il giacimento. — Se questo è sensibilmente inclinato, i traverso-banchi inferiori assumeranno notevole importanza: in tali casi converrà esaminare se non sia più vantaggioso collocare il pozzo in una posizione tale da tagliare ad una certa profondità il giacimento: il pozzo riuscirà allora in parte scavato nelle formazioni del tetto ed in parte in quelle del letto, e la lunghezza media dei traverso-banchi sarà sensibilmente ridotta.

304. A seconda del servizio cui sono destinati, i grandi pozzi delle miniere prendono il nome di pozzi *d'estrazione*, di *ventilazione* o *d'aeraggio*, *pozzi per pompe*, per *traslazione degli operai*, ecc.: Ogni pozzo ha un nome proprio o qualche volta, nelle miniere importanti, si individua con un numero; prende anche il nome di *sede*.

La sezione dei pozzi dipende dalla natura dei terreni che si attraversano; ma essenzialmente dipende dal traffico che giornalmente dovrà verificarsi, e dai servizi che si vogliono riunire nel pozzo. Evidentemente i pozzi con piccola sezione convengono ai terreni franosi: ma pure nei terreni più stabili l'adozione di ampie sezioni per impiantare apparecchi doppi di estrazione crea tante difficoltà, che oggi si preferisce rendere potente e veloce la macchina d'estrazione anche nelle miniere più importanti di carbone, ove l'estrazione giornaliera raggiunge più migliaia di tonnellate, pur di limitare la sezione a non più di 12 mq. circa. In qualche

caso, per soddisfare alle esigenze del traffico, si convenne di aprire due pozzi gemelli, anzichè uno solo molto ampio.

I servizi che in generale compie un pozzo sono: la circolazione dei materiali, l'eduzione delle acque, la traslazione degli operai. La sezione del pozzo si divide quindi normalmente in tre scompartimenti, di cui il maggiore, rettangolare, è adibito all'estrazione, e gli altri due sono destinati alle pompe ed alle scale che scendono lungo il pozzo (1).

I pozzi sono generalmente rettangolari o circolari: la sezione rettangolare è usata colle armature in legname per comodità di stabilire i quadri. La sezione circolare è preferita coi rivestimenti metallici ed in muratura. Oltre queste sezioni, vi sono poi quelle ellittiche e rettangolari coi lati arcuati, usate talvolta colle murature per restringere la larghezza del pozzo nella direzione delle forti spinte del terreno; quelle poligonali, armate con legnami, ed altri tipi meno regolari adottati in casi particolari. Presentemente però si preferisce ovunque la sezione circolare o rettangolare; nelle grandi miniere il diametro dei pozzi circolari varia da 3 a 4 metri.

305. L'apertura di un pozzo maestro si compie al solito modo: i fori da mina si dispongono in cerchi concentrici attorno l'asse del pozzo, e si fanno lunghi 1, 1,5, metri a seconda della natura delle roccie che attraversano. I fori da mina nella parte centrale si fanno più corti e fortemente convergenti verso l'asse del pozzo per facilitare lo stacco del cono centrale di roccia, e rendere così più efficaci i colpi laterali *(center-scavo)*. Per questi lavori si adottano talvolta le perforatrici e quasi sempre l'accensione elettrica delle mine.

Un pozzo di m. $3 \times 3{,}50$ aperto nel granito, richiese 48 colpi per ogni volata: i quattro del centro misuravano un metro circa, ed esplodevano pei primi e simultaneamente: indi si facevano esplodere altri 6 colpi adiacenti ai primi e lunghi m. 1,80: si determinava in tal modo lo strozzo o cono centrale. Gli altri 38 colpi laterali si facevano esplodere in seguito, per gruppi di 4 o 5 successivamente, in modo di aprire tutta la sezione: l'approfondimento a mano avanzava di circa 5 metri al mese.

Adoperando perforatrici al diamante a rotazione, che permettono l'apertura di fori assai profondi, si evita la perdita di tempo

(1) Per misure di sicurezza, le scale sono separate ad intervalli di circa 8 metri l'una dall'altra per mezzo di convenienti pianerottoli.

inerente all'estrazione delle perforatrici ed al loro ricollocamento in sede, aprendo verticalmente i fori in una volta sola per lunghezze di 30 ÷ 40 metri: i fori si riempiono poi di sabbia e si utilizzano a tratti successivi. I fori del centro si praticano però a mano per ottenerli convergenti.

306. Quando occorre approfondire maggiormente un pozzo già in esercizio, senza sospendere l'ordinario servizio d'estrazione, e si vuole usufruire dell'impianto esistente per sollevare a giorno il materiale che si produce coll'affondazione, può convenire di procedere nel modo seguente: si prosciuga il pozzo, raccogliendo tutta l'acqua della miniera al livello inferiore, in un bacino sotterraneo cui arriva la pompa del pozzo. — Sul fondo del pozzo così prosciugato, ed esternamente alla proiezione delle gabbie d'estrazione, si affonda un pozzetto di 3 ÷ 4 metri di profondità, che poscia si continua, allargandolo sotto il pozzo principale. Rimarrà *in posto* un diaframma di roccia a protezione degli operai che lavoreranno sotto.

Prolungando superiormente questo pozzetto con un tubo metallico, si potrà creare un serbatoio per trattenere quel poco d'acqua che può raccogliersi sul fondo del pozzo, onde essa non invada lo scavo inferiore. Sopra il pozzetto si dispone il verricello per sollevare il detrito d'affondazione, che verrà poscia caricato nelle gabbie del pozzo.

Compiuta l'affondazione del pozzo alla profondità voluta, si distruggerà il diaframma, per stabilire la comunicazione definitiva.

In altri casi, più semplicemente, può convenire di intraprendere l'affondazione del pozzo dal livello inferiore della miniera, stabilendo sopra detto livello un robusto ponte di legname per rendere indipendente il servizio d'estrazione ordinario, che si compie nei livelli superiori, dal lavoro di affondazione. Essendosi con un bacino provveduto a raccogliere l'acqua che proviene dalle gallerie della miniera, basterà nel lavoro di affondazione assicurare con una pompa sussidiaria il sollevamento dell'acqua dal fondo del pozzo al bacino superiore. Degli appositi sportelli lasciati nel ponte, permetteranno di farlo attraversare dalle gabbie.

307. Nella coltivazione dei filoni incassati negli schisti accade sovente che il pozzo, affondandosi a letto nella massa schistosa ad una certa distanza dal filone, non accoglie quasi acqua, essendo gli schisti poco permeabili. Basterà allora preoccuparsi di raccogliere ed inviare direttamente alla pompa quella proveniente dei traverso-banchi che raggiungono il filone.

Con delle pompe ausiliarie sospese, a vapore od elettriche,

installate nel pozzo, si può far a meno del bacino e sollevare direttamente l'acqua dal fondo del pozzo che si approfondisce fino alla pompa maestra, che si trova al livello inferiore della miniera, oppure direttamente all'esterno. In ogni caso occorrerà esaminare quale delle diverse soluzioni si mostra più conveniente.

È però necessario notare che soventi l'affondazione o la riaffondazione dei pozzi non si presenta come opera semplice per la grande quantità d'acqua ch'essi accolgono dalle formazioni che attraversano, anzi questi lavori riescono molte volte fra i più difficili dell'ingegneria mineraria.

Quando le venute d'acqua sono abbondanti, si cerca di dominarle installando delle pompe speciali, sufficientemente potenti. Il problema è allora essenzialmente meccanico e noi ne accenneremo nella quarta parte di questo volume, mentre più avanti, in questo stesso capitolo, tratteremo dei metodi speciali di affondazione dei pozzi in terreni ricchi d'acqua senza il sussidio delle pompe.

308. Se i pozzi sono aperti in roccia viva, le pareti si mantengono verticali senza bisogno di armature; ma se le roccie sono a stratificazione inclinata o poco solide, è necessario provvedere con opportuni lavori alla conservazione del pozzo. Inoltre poi, talvolta, alcune delle formazioni attraversate dal pozzo sono ricche d'acqua ed allora bisogna impedire che venute d'acqua irrompano nel pozzo e lo allaghino.

Perciò all'affondamento del pozzo deve in tali casi immediatamente seguire il rivestimento delle pareti: talvolta anzi questo deve precedere quello; le due operazioni assumono allora un carattere del tutto particolare, e noi ne daremo un cenno a parte.

Possiamo distinguere i rivestimenti dei pozzi in due categorie: *rivestimenti ordinari* e *rivestimenti stagni* od *impermeabili*.

Tanto gli uni quanto gli altri sono generalmente discontinui lungo il pozzo, e cioè si limitano ai tratti ove le formazioni non danno garanzia di stabilità, oppure dove le formazioni, che si attraversano col pozzo, sono acquifere.

I rivestimenti possono poi essere provvisori o definitivi. I rivestimenti provvisori servono a mantenere aperto il pozzo ed a permettere l'accurato collocamento del rivestimento definitivo. Sovente negli ordinari pozzi, se il rivestimento definitivo deve essere di legname, si fa a meno del rivestimento provvisorio.

I rivestimenti provvisori sono generalmente di legname, poichè il legname si presta facilmente all'aggiustaggio dei vari pezzi, operazione che si compie durante l'approfondimento del pozzo, giacchè lo si deve man mano armare, per sostenere le pareti.

Quando il pozzo si sviluppa in profondità con una sezione costante e regolare, si possono adottare direttamente i rivestimenti metallici, preparando alla superficie le rotaie o i ferri sagomati, che devono costituire le membrature del rivestimento definitivo, onde facile e spedita ne riesca la riunione nel pozzo.

309. Regola generale è che i rivestimenti provvisori si avvicinino nella loro forma il più possibile alla forma che avrà il rivestimento definitivo: Così se il pozzo dovrà essere circolare, si adotterà un rivestimento provvisorio costituito da quadri ottagonali circoscritti al circolo, e formati con elementi di quercia accuratamente tagliati e riuniti. Il quadro ottagonale sarà rinforzato all'interno per mezzo, ad esempio, di quattro travi, che appoggiano contro i quattro angoli alterni del poligono, mentre altri pezzi di legname, appoggiando su la metà di queste travi, contrasteranno contro gli altri angoli dell'ottagono.

Se il pozzo dovrà avere sezione rettangolare, l'armatura provvisoria sarà costituita da quadri rettangolari rinforzati, ove occorra, nel senso della maggior lunghezza, con pezzi trasversali. I quadri, di qualunque forma essi siano, devono sempre essere disposti orizzontalmente nel pozzo verticale e messi in contrasto coi terreni; esternamente ad essi si collocano le guarniture di tavoloni o di travicelli disposte verticalmente.

Prima di collocare il quadro superiore di sostegno in un pozzo in via di approfondamento, si dispongono alla bocca del pozzo uno o due ampi quadri di legname, il minore dei quali deve avere una sezione interna maggiore di un metro circa della sezione dello scavo. Sopra questi due quadri, che hanno il solo scopo di creare una buona base d'appoggio, si dispone un terzo quadro assai robusto, senza incastri, della sezione occorrente pel rivestimento del pozzo, che sarà ottenuto colla sovrapposizione di quattro lunghi legnami che si prolungano di qualche metro oltre il quadro propriamente detto.

Successivamente si collocano, a m. $1 \div 1.50$ l'uno dall'altro a seconda della natura della roccia, i quadri inferiori, sostenendo ognuno di essi al precedente per mezzo di tiranti in ferro, mentre dei ritti, posti verticalmente ai quattro angoli del quadro, ne assicurano la distanza verticale relativa. I singoli quadri sono posti in contrasto col terreno per evitare che divenga eccessivo il peso della colonna di quadri sopportata dal quadro superiore. Quando il pozzo sarà finito o sarà finito il rivestimento, l'intera armatura del pozzo graverà per mezzo dei ritti su un quadro-base collocato inferiormente.

Se non è necessario armare il pozzo man mano che si scava perchè le pareti si sostengono da sè per qualche tempo e per parecchi metri di altezza, si comincia il rivestimento dal basso verso l'alto, sovrapponendo i quadri successivi coll'intermediario di ritti agli angoli.

Gli stessi rivestimenti, praticati con legnami di buone sezioni e disponendo i quadri a minore distanza l'uno dall'altro, costituiscono sovente i rivestimenti definitivi pei pozzi non molto importanti. L'essenza preferita nei pozzi è la quercia: I legnami dei pozzi si guastano rapidamente, sopratutto se trattasi di pozzi di ventilazione, e tranne il caso in cui il legname sia abbondante nella regione, o che il pozzo non richieda un rivestimento fortemente resistente, si preferiscono ai rivestimenti definitivi in legnami, quelli in muratura.

310. Le murature sono normalmente usate in tutti i distretti minerari: Quando occorre murare il pozzo per l'intera sua altezza in più riprese contemporanee, si sostengono i diversi tratti di colonna di muratura facendoli appoggiare provvisoriamente su cornici di roccia che si lasciano sporgenti nel pozzo durante l'approfondamento: a rivestimento compiuto tali cornici o mensole sono demolite per piccole porzioni alla volta, e sostituite colla muratura. Quando la colonna di muratura deve comprendere un solo tratto di pozzo, si crea una base sufficientemente solida, lasciando un'altra cornice, o restringendo inferiormente la sezione del pozzo dello spessore corrispondente alla muratura, in modo di formare una risega. Al posto delle mensole s'usa talvolta disporre orizzontalmente nel pozzo dei robusti quadri, sorretti da tiranti sui quali appoggiano gli anelli in muratura: in qualche caso, per alleggerire i supporti di parte del peso della colonna, si costruiscono lungo la canna degli addentellati in muratura che si internano alquanto nella roccia adiacente.

I muratori adibiti al rivestimento dei pozzi si sostengono su impalcature mobili lungo il pozzo, le quali sono comandate, mediante funi, dall'esterno.

Il rivestimento dei pozzi può essere fatto con ordinaria muratura di mattoni o di pietrame, oppure con conci di pietra o di cemento. L' impiego del cemento permette oggi di fare economicamente i rivestimenti sia con conci, sia con battuti di cemento monolitici, che si ottengono colando il calcestruzzo di cemento attorno ad una sagoma corrente nel pozzo.

Questi rivestimenti, che possono progredire anche per piccoli tratti successivi, si costruiscono evidentemente solo dal basso verso l'alto.

I rivestimenti metallici, infine, s'incontrano soltanto nei paesi dove fioriscono le industrie siderurgiche: Consistono in anelli di ferro laminato a ⊏ o a I tenuti assieme con pezzi di quercia o con altri laminati.

311. **Pozzi in terreni acquiferi.** — L'affondazione dei pozzi attraverso terreni ricchi d'acqua si può compiere coi mezzi precedentemente enumerati, qualora si riesca a mantenere il pozzo senza acqua. A ciò in molti casi s'arriva coll'installazione di pompe, che si abbassano man mano procede lo scavo. Queste pompe sono dette d'*avaleress*. Quando le venute d'acqua sono abbondanti, le pompe devono essere proporzionalmente potenti, e talvolta la sezione del pozzo non è sufficiente a contenerle. — Può allora convenire l'apertura di pozzi contigui, allo scopo di sviare in parte le venute d'acqua e poterle così vincere.

Molti pozzi in alcune regioni carbonifere, come nel Nord della Francia, nel Belgio, in Vestfaglia, nella Slesia, ecc. incontrarono difficoltà di questo genere fortissime. Gli strati carboniferi sono in quelle contrade ricoperti da strati impermeabili, cui sono sovrapposti altri strati enormemente ricchi di acqua. Il pozzo prima di raggiungere la formazione carbonifera deve attraversare il complesso di strati acquiferi. — È necessario quindi premunirsi dalle inondazioni, impedendo le infiltrazioni d'acqua nel pozzo.

Benchè la questione non abbia per noi grande importanza, pure daremo cenno dei sistemi che oggi comunemente si adottano per attraversare i terreni acquiferi, e che sono certamente da annoverarsi fra i più eleganti concepimenti dell'ingegneria mineraria.

312. *Rivestimenti.* — Se le venute d'acqua si possono dominare con delle pompe, scavato il pozzo e sostenute le pareti con un rivestimento provvisorio, si procede al rivestimento definitivo stagno, detto *cuvelage*.

Questo deve evidentemente terminare nei terreni impermeabili ed essere perfettamente collegato con essi: in tal modo il cuvelaggio si può considerare come un tratto di tubazione stagna che si radica alle due estremità in formazioni impermeabili, attraversando la zona dei terreni acquiferi ed isolando così il pozzo dalle venute d'acqua.

Gli antichi cuvelaggi erano ottenuti con la sovrapposizione di quadri rettangolari o poligonali, secondo la sezione adottata pel pozzo, costituiti da pezzi di legno scelti, esattamente lavorati: Talvolta il rivestimento era doppio, nel senso dello spessore, ed i vari quadri, riuniti verticalmente fra loro, avevano le unioni accurata-

mente calafatate. Si costituiva così il tubo di legname destinato a proteggere il pozzo.

Le estremità penetravano per un certo tratto nelle formazioni solide impermeabili, ed erano unite ad esse in modo impermeabile per mezzo di speciali quadri (*trousse*), resi stagni con una speciale operazione detta *picotage*.

La posa di una *trousse picotée* era una operazione di una certa solennità: Dapprima essa indicava che il pozzo era riuscito a passare la zona acquifera, difficile, poi l'operazione in sè stessa, essendo condotta contemporaneamente e rapidamente sopra tutto il contorno del pozzo da numerosi operai che lavoravano febbrilmente fra il sibilo delle potenti pompe di *avaleress*, assumeva anche una certa grandiosità.

Un quadro stagno semplice per un pozzo rettangolare è costituito da quattro legni ben squadrati: nei *cuvelages* poligonali la *trousse* può risultare anche di 30 elementi. Il legname è quercia, e le unioni sono perfettamente lavorate, come del resto tutti i pezzi che devono costituire il quadro stagno.

Messo a posto e ben serrato il quadro sopra una sede convenientemente praticata e profilata nel terreno solido, si dispongono tutt'attorno, all'estradosso, dei prismi retti di legno bianco con la testa volta in basso, e contro la superficie obliqua che così nasce alla periferia, si collocano delle tavole squadrate con cura, dell'altezza eguale a quella del quadro. Attorno a queste tavole e precisamente fra esse e la roccia in posto, si comprime fortemente col martello, del muschio. Poscia, introducendo fra le tavole e lo spigolo superiore dei prismi, un'altra serie di cunei in legname eguale alla precedente, si rendono verticali le tavole, serrando così fortemente il muschio contro la roccia.

Si compie allora il *picotage* propriamente detto od incuneatura, infiggendo a viva forza nel muschio ed in ogni interstizio, tutto attorno al quadro, dei cunei di legno a testa quadra (*picots*) di 3 centimetri di lato, man mano di essenze più dure ed essiccati al forno, aiutandosi verso la fine dell'operazione con punte d'acciaio per praticare convenientemente la sede ai cunei.

L'operazione va condotta con particolare perizia su tutto il perimetro, perchè il quadro si mantenga orizzontale e non si sollevi da nessuna parte.

Quando l'operazione è finita, si pareggiano tutte le teste dei cunei e si ha così il piano di posa sul quale si eleverà il rivestimento stagno.

I rivestimenti stagni in legname durano solo 10-15 anni, e richiedono una manutenzione attenta e costosa. Le riparazioni a questi vecchi rivestimenti, difficili in passato, si compiono oggi rapidamente, iniettando nelle parti difettose dei vecchi *cuvelages* e dietro essi del buon cemento per mezzo di una pompa premente.

Presentemente i rivestimenti stagni si costruiscono di ghisa, sovrapponendo e bullonando fra loro degli anelli successivi flangiati, coll'interposizione di lastre di piombo tenero, oppure riunendo assieme dei segmenti circolari con chiodature.

313. *Cassoni ad aria compressa.* — Il metodo in uso nelle fondazioni delle pile dei ponti, non è, in generale, applicabile nei pozzi delle miniere, poichè si dovrebbero comprimere gli operai a oltre 2-3 atmosfere con grave danno della loro salute. Tuttavia per altezze minori di 30 m. il metodo fu applicato con successo: naturalmente si tratta di 30 metri misurati dal pelo d'acqua.

Questo sistema porta il nome dell'inventore Trieger, che l'applicò precisamente nell'affondazione di un pozzo di miniera a Chalonnes-sur-Loire nel 1840, e dopo per stabilire le fondazioni delle pile dei ponti. Il metodo d'affondazione coll'aria compressa è oggi ben noto per queste ultime applicazioni.

Nell'affondazione dei pozzi da miniera attraverso formazioni ghiaiose o sabbie ricche d'acqua, si procede in modo analogo. Sopra il livello dell'acqua si apre un avampozzo, di diametro alquanto maggiore del diametro del pozzo: Il lavoro in seguito si compie all'asciutto perchè sul terreno acquitrinoso posa una camera cilindrica di lamiera di diametro eguale al pozzo, chiusa superiormente ed aperta alla parte inferiore. Per mezzo di un compressore, si invia in questa camera dell'aria, in modo da stabilire all'interno una pressione che equilibri quella esterna, dovuta al peso della colonna d'acqua: naturalmente la pressione dell'aria dovrà aumentare all'interno della camera man mano che essa si abbassa nella formazione acquifera.

Questo abbassamento si ottiene scavando la roccia sotto e all'intorno della campana con i mezzi ordinari che si hanno a disposizione, in guisa che la camera, convenientemente gravata superiormente per vincere la contropressione dell'aria, scende man mano in basso. Un emulsore ad aria provvede a sollevare dell'acqua dal fondo del pozzo diminuendo la pressione dell'aria.

Evidentemente, per condurre con questo metodo il lavoro, è necessario provvedere all'entrata ed all'uscita degli operai nella

camera d'aria in pressione, ed all'estrazione da essa del materiale scavato. Ciò si ottiene facilmente con una seconda camera — detta *sas* — che si dispone sopra la precedente, mettendola con essa in relazione mediante un tubo verticale di o.8o di diametro. Il *sas* trova posto nell'avampozzo. Talvolta si ha solo il *sas* collegato direttamente, in modo impermeabile, col pozzo da affondare: il tratto di pozzo che si trova sotto il *sas,* costituisce la camera di lavoro, dove si deve mantenere la pressione all'aria. Il rivestimento stagno si costruisce in questo caso all'interno del pozzo, sovrapponendo man mano opportune piastre flangiate di ghisa sopra un anello tagliente che si è stabilito sul fondo del pozzo. Il rivestimento si allunga gradatamente alla parte superiore: Esso discende lungo le pareti del pozzo e rimane quindi indipendente dal *sas*.

Generalmente però si usa il cassone cilindrico inferiore, che si collega al *sas* superiore per mezzo dei successivi anelli di un tubo di comunicazione. Sopra il cassone si dispongono i grandi anelli di ghisa del rivestimento.

314. Il *sas* presenta due aperture: una superiore che comunica coll'atmosfera, l'altra inferiore che s'apre sulla verticale della prima, in un diaframma inferiore. Entrambe queste aperture sono chiuse da specie di valvole con guarnizioni. Attraverso queste aperture passano gli operai ed il materiale.

Il *sas* forma una camera d'equilibrio che messa in comunicazione per mezzo di un tubo a rubinetto con quella inferiore, ne assume la pressione: quindi si può aprire la valvola inferiore pel passaggio ad es. degli operai. Quando questi si trovano nel *sas*, si chiude la porta a valvola inferiore, e per mezzo di un altro tubo e relativo rubinetto, si pone il *sas* in comunicazione coll'esterno. La pressione allora gradatamente diminuisce nel *sas*, fino a divenire eguale a quella atmosferica. La porta superiore si può allora aprire e gli operai escono all'esterno.

Analogamente si compie l'ingresso degli operai al lavoro, e l'estrazione del materiale.

Quando la pressione nella camera di lavoro sorpassa le 3 atmosfere, essa produce effetti fisiologici assai nocivi agli operai. — Questi devono sempre essere *compressi* e *decompressi* nel *sas* con una certa lentezza (5-6 minuti) a causa dell'assorbimento dell'ossigeno nel sangue che avviene nella compressione, e dello svolgimento di bollicine d'azoto durante la decompressione. Per ovviare al raffreddamento dell'organismo, dovuto all'espansione dei gas nel sangue, che può causare malattie, gli operai indossano nel *sas* degli

abiti pesanti che trovano riscaldati da un condotto di vapore che passa nella stessa camera d'equilibrio.

315. *Metodo Kind e Chaudron.* — Questo metodo è raccomandabile quando si tratta di attraversare delle formazioni acquitrinose relativamente solide. Col metodo Kind perfezionato da Chaudron (1855) il pozzo viene perforato con grandi scalpelli larghi 3-4 metri con un sistema di perforazione analogo a quello impiegato nei sondaggi (v. cap. IV) e quindi lo scavo del pozzo si compie malgrado l'acqua che lo invade. Il pozzo è spinto colla perforazione alla profondità voluta e man mano che l'affondazione procede, viene ripulito del detrito mediante grandi campane di pulitura, analoghe a quelle impiegate nei sondaggi.

Nel pozzo così scavato, si abbassano successivamente gli anelli in ghisa che devono costituire il rivestimento, e tra le flangie che li limitano superiormente ed orizzontalmente, e che furono accuratamente piallate, si dispongono dei fogli di piombo tenero a calafatare i giunti.

Ma per rendere possibile il collocamento nel pozzo, alla profondità voluta, di un complesso di anelli così pesante, il primo elemento che si colloca, e cioè l'anello inferiore, è chiuso sul fondo. In questo modo il pesantissimo rivestimento che scende, è trasformato in un galleggiante, il quale si affonda a piacimento, zavorrandolo coll'introduzione della quantità d'acqua occorrente per vincere la spinta d'Archimede.

E così, aggiungendo superiormente nuovi anelli di ghisa man mano che la colonna scende, si giunge a rivestire il pozzo per l'altezza voluta, facendo posare l'apparecchio sopra la sede stata aperta con cura, mediante lo scalpello del sondaggio, nelle formazioni impermeabili sottostanti a quelle acquifere che si devono isolare dal pozzo.

L'operazione viene completata colando tutt'attorno al rivestimento in ghisa, nello spazio compreso tra il rivestimento stesso ed il terreno, della malta di cemento.

Poscia si vuota dall'acqua l'interno della tubazione e togliendo il diaframma inferiore, si continua l'affondazione del pozzo col metodo ordinario.

316. *Metodo Poetsch.* — Quando i terreni sono incoerenti, il metodo suesposto risulta di difficile applicazione, causa gli inconvenienti che si incontrano nello scavo del pozzo. Si preferisce allora il metodo Poetsch, che, del resto, è applicabile anche in terreni consistenti.

Il sistema Poetsch data dal 1883 e consiste nel trasformare i terreni molli e acquitrinosi in formazioni semidure ed impermeabili mediante la congelazione.

A questo scopo si affonda verticalmente a circa un metro della circonferenza che dovrà avere il pozzo e per tutta l'altezza del terreno acquitrinoso che si dovrà congelare, una serie di tubi di ferro di 10-15 cm. di diametro, chiusi inferiormente. Pel collocamento di questi tubi si aprono dei fori di sondaggio. Entro ognuno dei tubi così affondati, si dispone un altro tubo di 4-5 cm. di diametro, aperto inferiormente ed opportunamente sostenuto a piccola distanza dal fondo del tubo principale. Tanto la serie dei tubi di grande diametro quanto quella dei tubi di piccolo diametro terminano superiormente in un distinto collettore anulare. Il collettore dei tubi piccoli è posto in relazione col premente di una pompa annessa alla macchina frigorifera che raffredda una soluzione incongelabile: Questa è spinta così nella serie di tubi, raggiungendo il fondo dei tubi grandi, lungo i quali si eleverà per raccogliersi nel corrispondente collettore, che a sua volta, con opportuna tubazione, è unito alla macchina frigorifera.

La soluzione fredda, salendo lungo i tubi, sottrae calore al terreno e lo raffredda man mano fino alla congelazione. Ripassando attraverso la macchina frigorifera la soluzione ridiventa fredda, ed allora dalla pompa viene nuovamente spinta in circolazione nei tubi.

317. Nella fig. 69 è rappresentata la pianta di una installazione di questo genere. A sinistra si vede il pozzo S dal quale si dipartono due tubi: Uno porta la soluzione (generalmente di cloruro di calcio o di magnesio) ai refrigeranti circolari R. La soluzione così raffreddata, per mezzo di un altro tubo passa attraverso la pompa P, e viene spinta nel relativo collettore, e quindi nei tubi di congelazione. In D è installata la macchina a vapore che aziona un compressore d'ammoniaca C: il tubo E va ai condensatori G, C a circolazione d'acqua, nei quali l'ammoniaca, compressa a 10 atmosfere e quindi alla temperatura di 40°, viene raffreddata e resa liquida: indi per mezzo d'un sottile tubo viene ammessa ai refrigeranti R, ove, in causa dell'aspirazione del motore, praticata pel tubo F^1 si espande e ridiventa gassosa, assorbendo calore al liquido incongelabile che circola nel refrigerante: in tal modo si riesce a raffreddare la soluzione alla temperatura di $15° \div 20°$ sotto zero.

Quando la congelazione del terreno è avvenuta, la temperatura nei refrigeranti si mantiene costante e prossima a quella del con-

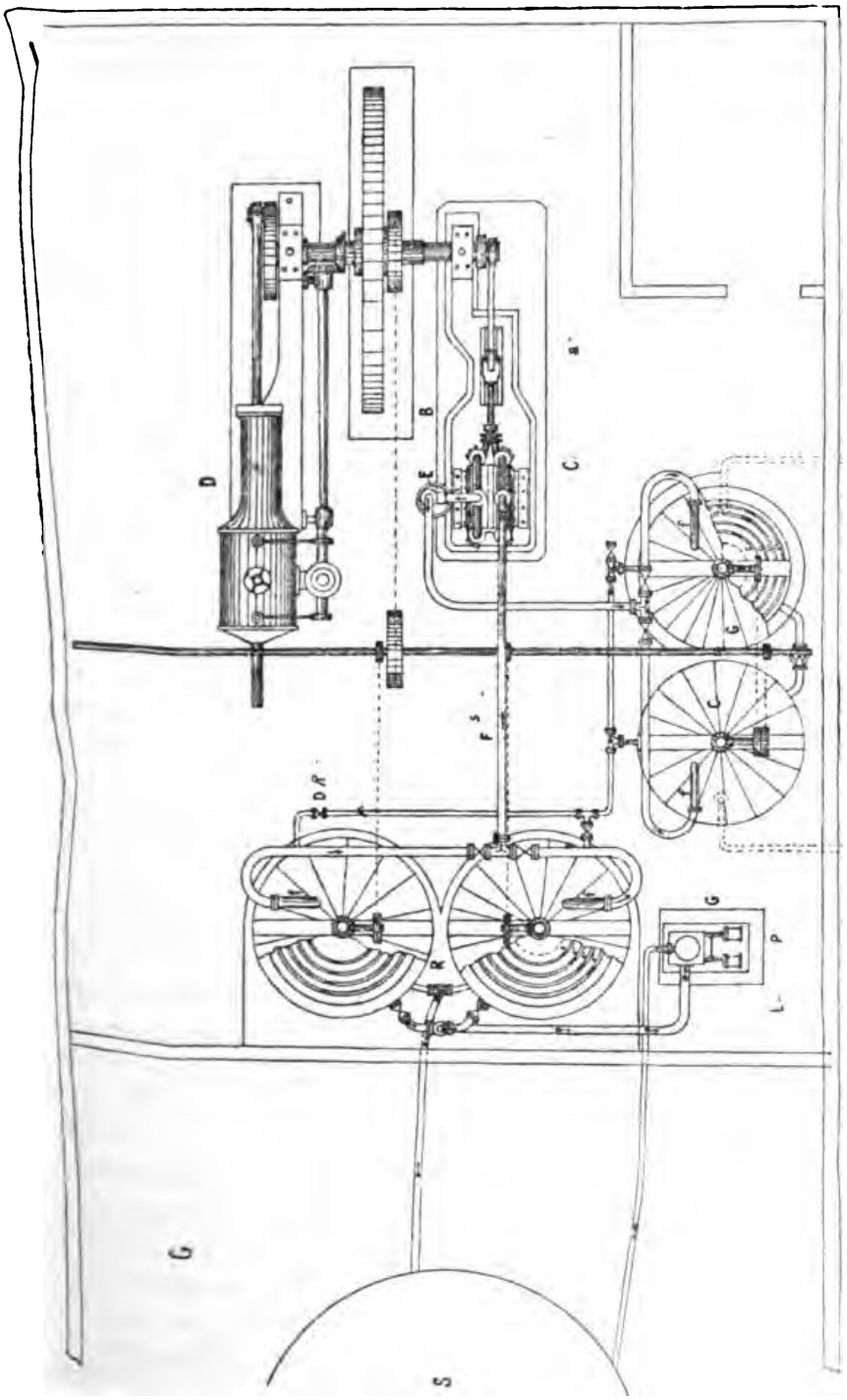


Fig. 69.

densatore. Si compie allora lo scavo del pozzo, sostenendolo con un rivestimento provvisorio, che ad operazione ultimata viene sostituito da un rivestimento in muratura o metallico definitivo, che si collega col terreno inferiore impermeabile.

Le macchine frigorifere, che si adoperano in queste installazioni, sono capaci di circa 250.000 frigorie all'ora.

Alcuni terreni sono più facilmente congelabili di altri; così le sabbie congelano più presto delle argille: talvolta la presenza di cloruri nelle acque sotterranee rende la congelazione difficile: si vincono le difficoltà aumentando la potenza delle macchine frigorifere.

Il metodo Poetsch è d'uso corrente in parecchie regioni: la congelazione del terreno avviene generalmente in due mesi, quando i tubi sono distanti 1 m. circa l'uno dall'altro. Il costo di qualche pozzo così aperto e rivestito a profondità superiori ai 100 m. fu di L. 2000 al metro. Col metodo Kind e Chaudron i prezzi medi sono notevolmente superiori.

318. Oltre questi due metodi eleganti, si impiegarono da tempo e si impiegano tutt'ora altri sistemi per attraversare i terreni acquiferi e creare i rivestimenti stagni. Quando i terreni sono sciolti, si adopera talvolta un anello tagliente che penetra nel terreno e costituisce così la base sulla quale s'erigerà poscia il rivestimento in legno, muratura o metallico definitivo.

La penetrazione dell'anello tagliente nel terreno è talvolta ottenuta con viti di pressione, sovente col peso stesso della torre che costituisce il rivestimento e che si costruisce man mano che l'anello inferiore affonda nel terreno. Lo scavo è fatto dagli operai che si trovano sul fondo del pozzo prosciugato per mezzo di pompe.

Quando le venute d'acqua sono talmente forti che non si possono vincere colle pompe, lo scavo del pozzo viene fatto — nei terreni sciolti — con specie di draghe rotative montate su un albero, e mosse a mano o meccanicamente dalla superficie; esse, agendo per erosione sul fondo e sulle pareti del pozzo, convogliano il materiale eroso in ampi sacchi annessi alle draghe, che sono poi tirati alla superficie. Nel procedimento recente Honigmann, applicabile solamente a sabbie agglutinate, marne ecc., il rivestimento metallico, che è analogo a quello Kind e Chaudron, discende per un processo d'attacco rotativo, che è ottenuto con una specie di sagoma tagliente, montata sull'asse del pozzo. Il materiale disaggregato viene portato alla superficie da una corrente d'acqua ascensionale, che si produce con una specie di grande emulsore collocato sull'asse del pozzo.

Coll'adozione delle draghe rotative o sistemi analoghi, quando il tagliente è penetrato in terreni duri, che quindi non si possono dragare, si è costretti a fare una gettata di calcestruzzo di cemento sul fondo del pozzo ed attraversare poscia il calcestruzzo con un pozzo di diametro minore, servendosi di sondaggi.

319. Talvolta per assicurare l'impermeabilità del pozzo, essendosi l'anello tagliente arrestato all'incontro del terreno solido senza penetrarlo sufficientemente, si procedette in questo modo: si praticò col sondaggio la continuazione del pozzo per $1 \div 2$ metri, con un diametro eguale a quello interno dell'anello, poscia si allargò il pozzo dal basso verso l'alto con uno speciale scalpello, e quando si giunse in prossimità del quadro tagliente, si riempì il tratto di pozzo scavato con malta cementizia. Gravando allora subito sulla colonna del rivestimento, si produsse l'affondazione del quadro tagliente nel cemento, rovinando sotto la nuova pressione la piccola mensola di roccia che sosteneva l'anello. Naturalmente dopo qualche tempo l'affondazione fu ripresa, attraversando il blocco di cemento che si era intanto solidificato a costituire la base stagna del rivestimento.

320. **Abbattimento sotterraneo.** — *Gradini.* — L'abbattimento propriamente detto delle roccie nell'interno della miniera, si compie coi soliti mezzi che abbiamo già veduto, valendosi degli strumenti del minatore, delle *haveuses* e delle mine. Sulla *disposizione dei cantieri* di abbattimento ci occuperemo nel capitolo seguente, parlando dei sistemi di coltivazione: ora esamineremo come si dispongono le fronti di abbattimento per facilitare l'attacco della roccia o del minerale, e come queste fronti si spostano durante il lavoro: ci occuperemo in seguito delle armature che occorre stabilire per mantenere i vuoti davanti alle fronti d'abbattimento, che evidentemente sono necessari perchè il lavoro possa proseguire e perchè possa estrarsi il minerale abbattuto.

L'attacco della roccia nel sotterraneo può compiersi con *gradini;* di essi ci intratterremo in special modo parlando delle coltivazioni allo scoperto. Lo scopo del gradino, comunque esso sia, è in generale di moltiplicare le fronti d'abbattimento, e di permettere che i colpi giochino contro due pareti libere.

Nella fig. 70 è rappresentato un abbattimento a *gradini diritti:* esso presenta tre fronti elementari; i minatori posano sul piano orizzontale di ogni gradino ed attaccano la roccia che presentasi di fronte. Il lavoro d'abbattimento procede regolarmente in tutti i gradini, e quindi essi mantengono al fronte d'attacco il

profilo segnato nella figura. I gradini diritti all'interno delle miniere hanno meno di un metro e mezzo d'altezza. Coll'abbattimento della roccia e coll'asportazione del materiale abbattuto, si crea, evidentemente, nel cantiere, un vuoto sotterraneo: di esso ci occuperemo più avanti.

321. Nelle miniere, oltrechè i gradini diritti, s'incontrano con maggior frequenza i *gradini rovesci*. Nella fig. 71 è rappresentata una fronte d'attacco divisa in tre gradini rovesci. I minatori posano sul piano dello scavo ed attaccano la parete verticale della roccia. — Se il lavoro è compiuto con mine, è evidente che si possono attaccare contemporaneamente i tre gradini: ogni tratto orizzontale del gradino rovescio serve a riparare i minatori che lavorano sotto.

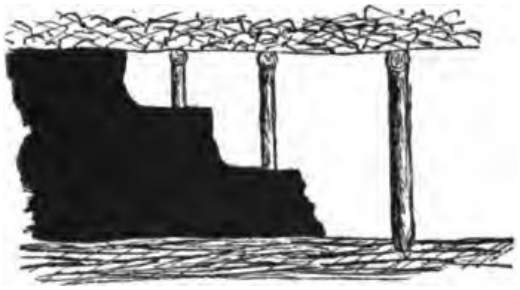


Fig. 70.

Soventi la successione dei gradini si sviluppa per notevole altezza, ed allora i minatori si reggono sopra ponti in legname, sostenuti da cavalletti, oppure si provvede a riempire parzialmente il vuoto prodotto dalla coltivazione, in guisa di avvicinare i minatori agli attacchi.

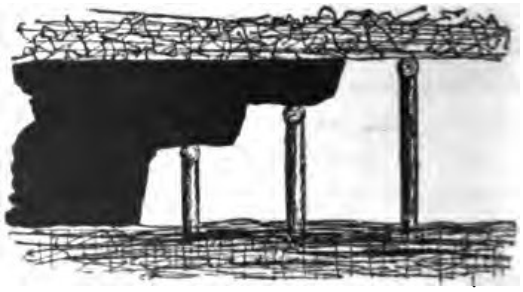


Fig. 71.

322. Se si paragona il gradino diritto a quello rovescio, si vede che il primo può praticarsi quando la roccia è franosa, a patto solamente che il tetto del giacimento sia solido. Il gradino rovescio non è invece applicabile in tali casi. La semplice ispezione delle figure mostra poi che a parità di durezza della roccia, le mine giocano meglio, perchè aiutate dalla gravità, nel gradino rovescio che in quello diritto. Viceversa, l'apertura dei fori da mina riesce in generale più facile nel gradino diritto che in quello rovescio. Infine, la sicurezza del gradino per ciò che riguarda gli operai, astrazion fatta da tutte le altre circostanze che offre il cantiere, è maggiore nel gradino diritto.

Le puntate in basso od in alto, delle quali già ci siamo occupati, tendono evidentemente a creare le stesse condizioni favorevoli all'abbattimento dei gradini, nelle coltivazioni ove i gradini propriamente detti non si possono sviluppare.

323. Nella fig. 72 è rappresentato l'abbattimento di uno strato di 5 m. d'altezza con un fronte elementare inferiore di 2 m., ed un altro superiore che prende la zona di 3 m. Inferiormente vedesi praticata la puntata; dei montanti sostengono il minerale superiore, che nel nostro caso è carbone. La frana invade il cantiere a destra. La coltivazione sviluppa, come si vede in figura, tre gradini rovesci.

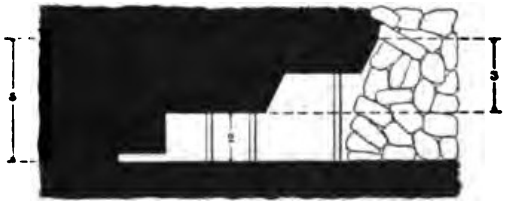


Fig. 72.

Nella fig. 73 è rappresentata invece la coltivazione di uno strato di potenza superiore. I gradini rovesci si disegnano qui meno nettamente e sono in numero maggiore: Inferiormente vedesi la puntata, ed i sostegni sono in questa coltivazione in parte costituiti da legnami, ed in parte invece formati con delle pietre, che si ricavano dai sottili letti di sterile interposti nel carbone. È naturale che per poter applicare una coltivazione di questo genere è necessario che il minerale sia solido.

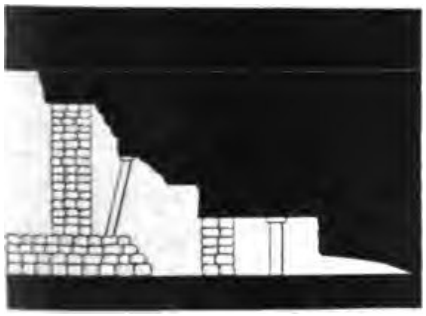


Fig. 73.

Quando il minerale poco si sostiene, ma presenta un tetto molto solido, si può intagliare il fronte d'abbattimento con dei gradini diritti, come è rappresentato nella fig. 74, che contempla appunto il caso di un carbone poco solido al letto dello strato ma con solida corona. Superiormente si vede una suoletta di carbone lasciata per protezione.

324. *Incendi.* — Tutti questi modi però, di abbattere il carbone con fronti di notevole altezza, benchè riescano economici per quanto riguarda l'abbattimento propriamente detto, presentano soventi l'inconveniente, quando si coltiva del carbone, di provocare facilmente degli incendi sotterranei per il calore sviluppato nello scorrimento del carbone su sè stesso.

Più sovente però gli incendi sono dovuti alla solfatizzazione del materiale sterile di frana, umido e ricco di piriti. Il calore che si genera in tale ossidazione, è sufficiente a provocare l'incendio del carbone, che, per la coltivazione intrapresa, si trova a contatto dell'aria.

A Decazeville, Commentry, Aubin ecc. in Francia, ed altrove esistono degli incendi negli strati di carbone che durano da oltre un secolo, dovuti ai cattivi metodi di coltivazione inizialmente colà adottati.

È necessario quindi, nei casi in cui si debbano coltivare carboni infiammabili in strati potenti, di scegliere possibilmente le coltivazioni a cielo aperto, oppure con riempimento completo dei vuoti di coltivazione, valendosi di materiale privo di pirite e senza tritume di carbone o schisti bituminosi. Conviene specialmente adottare i metodi con ripiena propriamente detti, per evitare il franamento delle formazioni del tetto, che sovente contengono schisti carboniosi od anche sottili strati di carbone: così pure, per evitare i fenomeni dinamici che possono provocare gli incendi, converrà abbondare nelle dimensioni dei massicci protettori in modo che abbiano a resistere bene alla notevole pressione cui sono soggetti.



Fig. 74.

325. Nei casi d'incendio di strati sotterranei, si cerca di spegnerli o estirpando il carbone incandescente, proteggendo gli operai con getti d'acqua, o stabilendo dei diaframmi impermeabili, oppure allagando i cantieri incendiati: l'allagamento riesce più efficace se si adopera dell'acqua molto fangosa. In molti casi si cerca invece di soffocare l'incendio chiudendo tutti gli accessi d'aria ed invertendo la marcia dei ventilatori; oppure col mandare nella miniera dell'aria priva di ossigeno, ottenuta facendo passare l'aria sopra uno strato di combustibile incandescente.

È elementare prudenza, quando in una miniera di carbone si è manifestato un incendio, di procedere con lampade di sicurezza alle ricognizioni, poichè, pel calore che si sviluppa, i carboni distillano, e danno grande copia di gas che possono annidarsi in alcuni punti della miniera e formare delle miscele tonanti. Così pure è necessario assicurare la direzione della corrente d'aria per impedire i casi di asfissia o d'avvelenamento negli operai.

326. Incidentalmente si accenna che oltre la sovraesposta, vi sono nelle miniere di carbone altre cause di incendio, per le esplosioni di grisou complicate talvolta singolarmente dalla presenza di polveri di carbone. — Nella miniera devono allora trovarsi dei posti di soccorso.

Quando si tratta di salvataggi, i minatori che devono procedere negli ambienti irrespirabili sono muniti di serbatoi d' aria portatili. Gli unici apparecchi del genere che meritano fiducia, sono quelli detti aerogeni, nei quali si compie l'assorbimento dell'acido carbonico e la produzione di ossigeno respirabile. — Un modello raccomandato è costrutto dalla ditta Neupert di Vienna: esso consiste in un cappuccio con maschera, unito ad una pellegrina a sacco, di cautchouch, nella quale per mezzo di due tubi, annessi alla maschera, si aspira e si espira. Nel sacco si trova della potassa caustica per assorbire l'acido carbonico e il vapor d'acqua, mentre l'ossigeno, per mezzo di una valvola d'espansione, è introdotto nel sacco da due bottiglie portate a bandoliera, che lo contengono compresso a 100 atmosfere. — La quantità di ossigeno che si deve sostituire, perchè consumata dalla respirazione, è solo 4 per cento dell'ossigeno totale inspirato.

Oltre l'apparecchio citato ve ne sono numerosi altri, che portano il nome degli inventori Fleuss, Regnard, Meyer-Shambrock, Guglielmetti-Draeger, ecc.: questi apparecchi sono anche detti *pneumofori*.

Nelle grandi miniere di carbone soggette agli accidenti di grisou, od agli incendi, i posti di soccorso sono largamente equipaggiati di tutto il materiale necessario sia per penetrare negli ambienti irrespirabili, come per combattere gli incendi. Un personale speciale è addestrato e mantenuto in esercizio onde averlo pronto per ogni occorrenza.

327. Se gli strati hanno piccola potenza, i gradini scompaiono, e s' attacca allora direttamente la fronte d' abbattimento per tutta la sua altezza.

Noi vedremo in seguito, parlando della coltivazione degli strati, come l'abbattimento nei cantieri si succeda per zone regolari, partendo da gallerie che servono all'uscita del materiale abbattuto. I cantieri sono compresi, nell'estensione, da tracciati opportuni di gallerie. Le fronti di abbattimento, di lunghezza determinata, si spostano parallelamente a sè stesse fino a raggiungere l'estremo del cantiere. La disposizione delle fronti di abbattimento è diversa secondo i casi, e intimamente connessa col sistema di coltivazione che viene

seguito per lo sfruttamento della miniera. Limitandoci a supporre il caso di uno strato, si tende oggi ad adottare il principio di spogliare la fronte su tutta la sua lunghezza, in modo di ottenere collo spogliamento rapido una maggior concentrazione di lavoro: si diminuiscono con ciò le spese per legnami, ecc. Si tende anche a dare alle fronti di abbattimento la maggior estensione possibile, per mettere i minatori in favorevoli condizioni di lavoro e per facilitare la sorveglianza: l'estensione della fronte d'abbattimento dipende essenzialmente dalle condizioni statiche in cui verrà a trovarsi il cielo dello scavo.

Talvolta si procede con metodi di attacchi speciali, detti per camere, negli strati ove per la relativa franosità del tetto, le fronti di abbattimento misurano pochi metri di lunghezza. In questi casi è preoccupazione del minatore di dare il maggior appoggio possibile alla corona dello scavo, che pertanto si fa posare a piccola distanza dal fronte di abbattimento, sopra del materiale sterile che si accumula a colmare lo scavo. Noi vedremo a suo tempo come è ottenuto questo riempimento dei vuoti che segue a distanza di qualche metro le fronti d'abbattimento.

328. Nella fig. 75 è rappresentata, nella proiezione del piano dello strato, una camera: la freccia segna come progredisce la fronte di abbattimento: a destra si trova il minerale in posto, a sinistra il riempimento: la corona del vuoto, che si crea partendo dalla galleria, posa da una parte sul minerale in posto e dall'altra sul riempimento. Quando l'abbattimento è giunto al limite, si riempie la camera vuota formata, mentre se ne inizia una nuova lateralmente, partendo dalla galleria.

Nella fig. 76 si ha una variante, e cioè, raggiunto il limite del cantiere come nel caso precedente, si intraprende l'abbattimento della vicina porzione di minerale, facendo procedere la nuova fronte d'abbattimento, che si guiderà prima normalmente e poi parallelamente alla prima, con direzione opposta alla precedente. La ripiena occuperà allora i due cantieri limitrofi e procederà colla seconda fase dell'abbattimento nella direzione segnata dalla freccia.

Ma si può anche aprire il cantiere direttamente con una fronte di doppia larghezza, e far sviluppare la ripiena solo per metà cantiere, come è rappresentato nella fig. 77. Evidentemente allora, mentre s'intraprenderà la coltivazione del cantiere a lato, si colmerà il vuoto rimasto dall'attacco precedente.

Una disposizione analoga è rappresentata dalla fig. 78 nella quale la fronte di abbattimento mostrasi ancora più larga che nel

caso precedente: la ripiena si costituisce sull'asse della camera e poi si svilupperà come nella figura.

Se lo strato che si coltiva, presenta una certa pendenza ma non notevole (nel qual ultimo caso le fronti di abbattimento si dovrebbero disporre secondo la pendenza dello strato), di essa si trae partito per facilitare l'estrazione del materiale abbattuto ed il convogliamento della ripiena. — Così nella fig. 79 è rappresentato col solito segno il verso della pendenza dello strato: Se questa pendenza non è forte, il fronte d'abbattimento può disporsi secondo

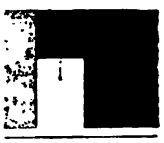


Fig. 75.



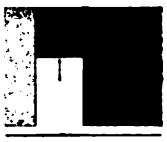


Fig. 76.





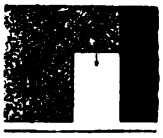
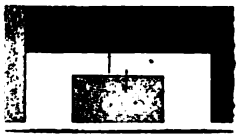


Fig. 77.



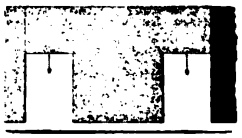


Fig. 78.



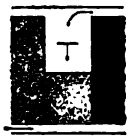


Fig. 79.

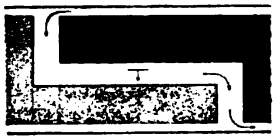


Fig. 80.

la direzione dello strato, e sviluppando l'abbattimento da valle verso monte, è evidente, come appare dall'esame della figura, che facile riesce, per l'aiuto offerto dalla gravità, l'estrazione del materiale della galleria a valle, come pure l'introduzione della ripiena nello scavo dalla galleria superiore. — L'abbattimento della fronte rappresentata nella fig. 78 può, nel caso di uno strato inclinato, modificarsi come nella fig. 80: riesce così pure facile l'estrazione ed il riempimento, mercè le due gallerie che limitano a monte ed a valle il cantiere.

Ove lo strato che si considera fosse fortemente inclinato, le fronti di abbattimento, per ragioni di sicurezza cui a suo tempo

accenneremo, dovrebbero svilupparsi secondo la pendenza dello strato: nulla impedirà, pure in questo caso, di estrarre il materiale dalla galleria a valle e di introdurre la ripiena da quella a monte.

In tutte le disposizioni che abbiamo visto, si tende, insomma, a dare sicurezza al cantiere con la minor spesa possibile, limitando l'ampiezza dei vuoti che nascono per l'abbattimento.

329. *Sostegni alle fronti di abbattimento.* — Nei cantieri in coltivazione, se le formazioni del tetto non sono di eccezionale solidità, si richiedono, per sostenere il cielo degli scavi in prossimità alle fronti di abbattimento, dei sostegni, i quali sono sempre provvisori, perchè la fronte è destinata ad avanzare, e con essa s'avanzano di pari passo, come vedremo a suo tempo, o le ripiene, o le frane del tetto ad occupare i vuoti prima scavati. La corona degli scavi nasce quindi, da una parte, dalla roccia in posto del fronte di abbattimento, mentre dall'altra appoggia sul materiale che riempe i vuoti della coltivazione.

Anche quando il tetto è assai solido, si dispongono nei vuoti qua e là dei sostegni, allo scopo precipuo di rendere evidenti gli abbassamenti od i movimenti che eventualmente possono interessare le formazioni del tetto, e che sovente preannunciano le cadute. In questi casi i sostegni sono sempre di legname, perchè il legno, per l'elasticità propria, non si rompe d'un tratto, ma dà dei segnali precursori della rottura, come ad es. delle fenditure o dei piegamenti.

I sostegni che correntemente s'impiegano alle fronti delle coltivazioni sono di legno, di ferro o di pietrame.

La corona dello scavo non appoggia che raramente sopra i sostegni in modo diretto, ma è a sua volta armata con lungherine di legno, oppure con rotaie di ferro, che tengono il posto delle lungherine. Naturalmente da caso a caso la larghezza delle maglie dell'armatura varierà colla natura più o meno franosa del tetto che deve reggere.

È poi naturale che se vi è in corona allo scavo un falso tetto franoso di non grande potenza, conviene abbatterlo per provvedere lo scavo di un tetto resistente. Quando il tetto è poco resistente, si lascia breve spazio fra il fronte d'abbattimento ed il riempimento che regge la corona: Il tetto, in generale, presenta una curvatura marcata presso la fronte, e va regolarmente ad appoggiarsi sulla ripiena quando non fu rotto, nè dislocato.

Quando invece il riempimento del vuoto fu ottenuto con scoscendimento del tetto, questo in vicinanza della fronte d'abbatti-

mento non presenta curvature regolari, ma piuttosto un seguito d'ondulazioni, che si tramutano in vicinanza alla frana in larghe fenditure.

330. La disposizione più semplice per sostenere un tetto orizzontale è di usare dei *ritti* disposti verticalmente, che appoggiano sul terreno, e che sono posti in contrasto colla corona per mezzo di due cunei di legno sovrapposti. Soventi questi ritti appoggiano anzichè direttamente contro il tetto, contro le lungherine destinate a sostenere il tetto. Hanno largo impiego per questi sostegni provvisori, le essenze resinose, le quali forniscono pezzi regolari, diritti e leggeri nel maneggio.

331. Se lo strato si presenta inclinato, è conveniente disporre i ritti, anzichè rigorosamente normali al tetto, alquanto inclinati essi pure per rispetto al tetto, in modo che formino con esso un angolo ottuso dalla parte della fronte di abbattimento, per riparare ad un eventuale scorrimento a valle del tetto.

Le lungherine si dispongono lungo l'inclinazione del tetto ed i ritti s'incastrano alquanto in esse. Se oltre il tetto anche la suola dello scavo è poco resistente, sarà necessario disporre delle altre lungherine sulla suola a sostegno dei montanti o ritti.

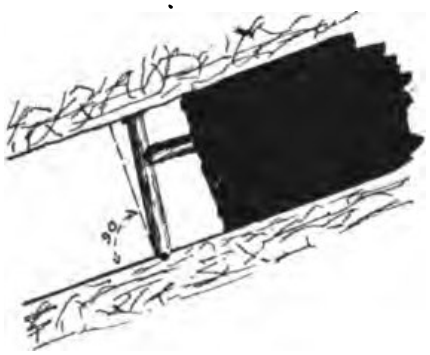


Fig. 81.

Nelle fronti dove l'abbattimento procede spedito, si ricupera la maggior parte del legname destinato all'armamento provvisorio del tetto. All'uopo si allenta il contrasto dei montanti, togliendo i cunei superiori: talvolta anche, per facilitare l'operazione del disarmo, si appoggiano i montanti sopra basi di piccola ghiaia, tenute a posto da un cerchio di ferro di diametro maggiore del montante: togliendo il cerchio, evidentemente la ghiaia si spande, e manca la base al montante che rimane così liberato dalla pressione.

Nelle coltivazioni con ripiena, che vedremo più avanti, quando si abbatte la striscia superiore, si estraggono per mezzo di leggere taglie i legnami sepolti nella ripiena inferiore, che a suo tempo si disposero colle parti di maggior diametro verso l'alto.

In Inghilterra, nei punti ove si devono vincere forti pressioni, si stabiliscono delle cataste di legnami, a corsi sovrapposti che si

incrociano fra loro ad angolo retto. Esse prendono il nome di *cogs* e rappresentano evidentemente dei sostegni a larga superficie, facilmente smontabili, fortemente resistenti e nello stesso tempo elastici.

Analoghe strutture in legname sono usate nelle coltivazioni di Wielizcka ed altrove.

La quantità di legname che si consuma in alcune miniere per mantenere i cantieri, è enorme. Nel Belgio la spesa in legname sovente è di fr. 1,60 per tonn. di carbone prodotto. Per queste armature generalmente si usa il pino; tuttavia le essenze resinose, facilmente infiammabili anche per semplice confricazione, diedero luogo talvolta, nei paesi tropicali, ad incendi. A Brocken Hill ed altrove si ebbero degli incendi disastrosi per cagione delle armature.

332. In Inghilterra s' introdussero in alcune miniere dei sopporti metallici, costituiti da colonne di ferro che entrano a vite per un certo tratto in una base di ghisa. Essi sono posti regolarmente in vicinanza alle fronti e sostengono la corona dello scavo per mezzo di lungherine di legno o di ferro. Questi sopporti furono studiati per economia di legname.

Nelle miniere del Nord della Francia, e specialmente a Courrières, il ferro è da parecchi anni largamente adoperato per sostenere il cielo delle coltivazioni, sia per sopporti a colonna, o ritti, come per lungherine: anzi questo sistema di sostegno si sviluppò nelle altre miniere di Francia, in Germania ed in Inghilterra, dopo l'esposizione che fece Courrières a Parigi nel 1900. Oggi i ritti in ferro si costruiscono in molti modi: o con due tubi Mannesmann che entrano a cannocchiale uno nell'altro, come ad esempio, largamente si usa nel bacino della Saar, oppure come sovente s'incontra in Vestfaglia, con due ferri ad angolo, che sono tenuti assieme da collari bullonati e fra i quali trova posto una sbarra di ferro di sezione quadrata. Allentando il collare inferiore del ritto si può facilmente toglierlo dal carico ed adoperarlo altrove. Altri sistemi di sopporti metallici sono usati in altre contrade.

Sopra i ritti appoggia l'armatura del cielo dello scavo, che può, ad esempio, essere mista, costituita, cioè, da parti in ferro e da parti in legno. Così talvolta immediatamente sopra i ritti appoggiano dei tondini di legno, i quali sopportano al disotto, per mezzo di staffe in ferro, delle lungherine a doppio T che corrono normalmente ai tondini. Queste lungherine sono tenute a posto da cunei di legno che le forzano nelle staffe. In questo modo si possono far avanzare le travi a doppio T verso la fronte d'abbatti-

mento e creare così dei sostegni per un nuovo tondino, che sarà poi mantenuto a posto dai soliti ritti metallici. Superiormente ai tondini di legno, e cioè tra essi e la corona o tetto dello scavo, si fanno soventi avanzare man mano altre lungherine di ferro a sostegno diretto della corona.

Nella fig. 82 è rappresentato un sistema di sostegni di questo genere, applicato in Vestfaglia; *f f* sono i ritti, formati con due ferri d'angolo ed un maschio quadrato centrale, *b b* sono i tondini e *a a* i collari, nei quali sono infilate le travi *c* tenute a posto

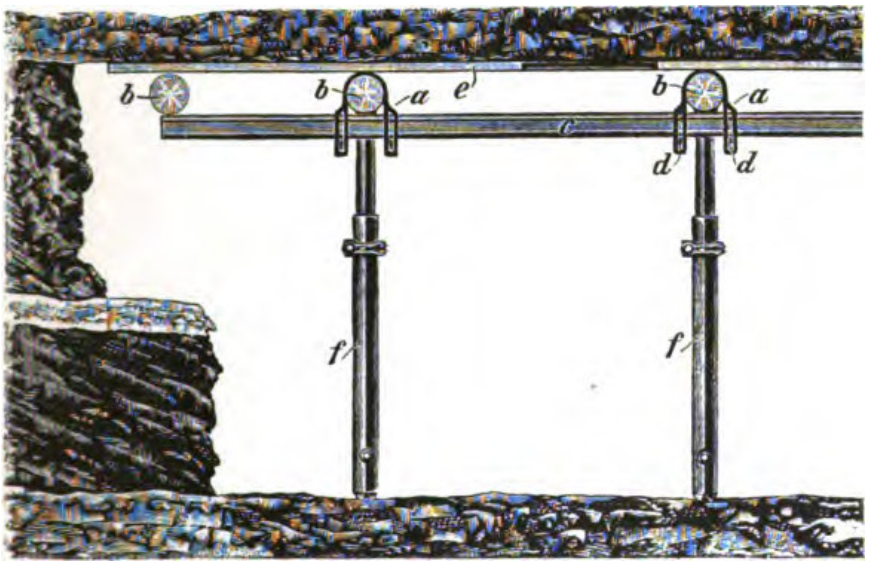


Fig. 82.

dai cunei *d d*: in figura vedesi un nuovo tondino che si dispone verso il fronte d'abbattaggio e sul quale s'avanzeranno le lungherine superiori *e* di ferro, che sostengono il tetto dello scavo.

333. I sostegni in muratura non hanno evidentemente carattere provvisorio, e non si impiegano nelle coltivazioni che sotto forma di pilastri, ottenuti generalmente colla sovrapposizione a secco delle grosse pietre che si scavano colla coltivazione (fig. 73). Il pietrame disposto a formare muri a secco è pure largamente impiegato nelle miniere per sostenere le ripiene o per circoscrivere i riempimenti ottenuti col franamento del tetto o per riparare alla eventuale deficenza di materiale di ripiena.

In Sicilia, essendo il gesso abbondante nelle solfare, lo si usa

come malta per dare maggiore solidità alle costruzioni. Colà l'impiego delle murature con gesso, che sono largamente adottate nel rivestimento di gallerie, pozzi, ecc. trova talvolta anche applicazione per sostegni provvisori, dove anzi sembra più logicamente adoperato che non per rivestimenti permanenti, poichè a causa dell'umidità propria all'aria delle solfare, il gesso rinviene facilmente, facendo cattiva prova come materiale cementizio.

PARTE TERZA

COLTIVAZIONI

CAPITOLO VIII.

Coltivazioni superficiali

Coltivazioni a cielo scoperto. — Riporto dello sterile - Trasporto del materiale - Abbattimento delle roccie - Coltivazione delle torbiere.

Coltivazioni a cielo scoperto.

334. I metodi di coltivazione a cielo scoperto sono applicabili solo quando il giacimento che si vuol sfruttare, *affiora* alla superficie del suolo, o si trova a profondità relativamente piccola, per cui riescono economicamente possibili i lavori di sbancamento, destinati a scoprire il giacimento dal terreno sterile che lo ricopre. Le condizioni di luogo hanno grande importanza nel determinare la profondità alla quale riesce ancora vantaggiosa la coltivazione a cielo scoperto in confronto a quella sotterranea, perchè sono esse che possono rendere più o meno economici l'abbattimento ed il getto in scarico dei materiali di ricoprimento.

Quando poi il giacimento presenta a tetto delle formazioni assolutamente franose, la coltivazione a cielo aperto si rende necessaria, perchè la coltivazione sotterranea richiederebbe il sacrificio nella parte superiore del giacimento di una striscia o suola di minerale, più o meno importante, appunto per sostenere le formazioni mobili del tetto.

Così ad es. succede per numerosi giacimenti di lignite della Sassonia, che sono coltivati con grandi scavi a cielo scoperto: essi portano superiormente degli strati di sabbie e ghiaie, e non si potrebbero coltivare con metodi sotterranei senza abbandonare la parte superiore del giacimento a sostegno del tetto franoso.

I moderni sistemi di abbattimento facilitarono gli sbancamenti e resero possibile la coltivazione a cielo scoperto di parecchi giacimenti, nei quali il minerale, non presentandosi in grandi masse, sarebbe stato seguito, in passato, con lavori sotterranei.

Così in parecchie miniere di calamina, recentemente si iniziarono grandiosi scavi a giorno, i quali, se portano alla conseguenza di dover abbattere col minerale molto materiale sterile, permisero però di riconoscere e di prendere tutto il minerale che si presentava nell'ampiezza dello scavo, mentre che con lavori sotterranei una parte di tale minerale sarebbe stata difficilmente riconosciuta.

Quando l'inclinazione del giacimento che affiora è così forte che oltre un certo limite riuscirebbe eccessivo il lavoro di sbancamento, allora le coltivazioni allo scoperto si associano a coltivazioni sotterranee inferiori.

Le coltivazioni a cielo scoperto, oltre permettere uno sfruttamento completo del giacimento, presentano sulle coltivazioni sotterranee altri vantaggi, e cioè: maggior sicurezza di lavoro, maggior rendimento degli operai nel lavoro, minore spesa di trasporto del materiale, abolizione di legname di sostegno e di spese per illuminazione, ventilazione, ecc.

Viceversa, le coltivazioni a giorno presentano degli inconvenienti, dipendenti dalla soggezione alle condizioni climateriche, le quali possono temporaneamente sospendere o danneggiare i lavori, e dipendente anche dalla occupazione superficiale dei terreni, necessaria per lo scavo e per i materiali di rifiuto che si devono depositare in prossimità agli scavi.

La coltivazione a cielo aperto è necessariamente sempre adottata nelle torbiere e nelle coltivazioni d'alluvioni: è sovente seguita nelle cave, nelle miniere di ferro, di calamina, di lignite; si ritrova in alcune miniere di rame e di piombo che coltivano giacimenti stratificati prossimi alla superficie, ed in qualche miniera di carbone fossile, ove le coltivazioni sotterranee provocavano frequenti incendi.

Gli abbattimenti con getti d'acqua, con draghe, con pompe ecc., di cui ci siamo già occupati, rientrano evidentemente in questa categoria di metodi di coltivazione.

335. Noi tratteremo ora solo di quelle coltivazioni a cielo scoperto nelle quali si abbattono roccie.

Nelle grandi coltivazioni allo scoperto si devono incominciare lavori in relazione ad un piano generale, studiato previamente

in modo da poter sviluppare i lavori, moltiplicando i cantieri di abbattimento ed assicurando sempre l'economia dei trasporti, l'eduzione delle acque, la sicurezza dei lavori e lo sfruttamento completo del giacimento.

Perchè riesca facilitato il lavoro di abbattimento, e si possano economicamente trasportare e collocare i materiali sterili che si producono, occorre scegliere bene dapprima l'attacco del giacimento in relazione alla pendenza degli strati ed alla topografia locale: poi bisognerà assicurarsi che cogli ulteriori lavori le acque avranno sempre comodo sfogo e non inonderanno lo scavo.

Converrà raggiungere fin da principio il fondo definitivo che dovrà avere lo scavo, onde appoggiarvi sopra gli sterili, senza tema di doverli poi, in un avvenire più o meno prossimo, rimaneggiare per riprendere la coltivazione. Il costo del trasporto degli spurghi potrebbe allora superare il valore del minerale che è coperto, ed in tal caso non sarebbe conveniente il ricupero del minerale, che rimarrebbe così perduto. D'altra parte, conviene sempre collocare negli scavi la maggior quantità possibile di sterili, per non occupare aree superficiali, le quali possono avere valore sia come terreno agricolo, sia per i giacimenti che eventualmente racchiudono. Nel Lussemburgo in alcuni punti furono ricoperti in passato, sotto enormi spurghi, degli ottimi strati di minerale, che oggi non si possono più coltivare per l'ingente spesa che richiederebbe il trasporto degli spurghi delle antiche lavorazioni.

Quindi nel coltivatore deve essere costante la preoccupazione di non compromettere con lavori sconsiderati l'avvenire della cava o della miniera: Prima di intraprendere una coltivazione a cielo aperto bisogna adunque studiare le condizioni di luogo, topografiche e geologiche, e stabilire un piano di lavoro con molta larghezza di vedute: È, del resto, questa una condizione che si ripete per tutte le coltivazioni minerarie.

Così pure si dovrà prevedere ove dovranno collocarsi le eventuali installazioni meccaniche necessarie alla coltivazione e destinate a lunga vita, per dar loro una sede stabile e per evitare l'occupazione di quei tratti di terreno che possono riuscire importanti dal punto di vista minerario o per lo svolgimento delle coltivazioni future.

336. Quando il giacimento affiora a mezza costa per larga estensione, la coltivazione non presenta difficoltà di sorta, nè per gli spurghi, che sono gettati a valle, nè per l'acqua che non invade i lavori, nè per lo sbancamento, che non occorre. Basta allora sol-

tanto aprire la cava sopra un fronte che renda comodo e sicuro il lavoro. Se l'altezza di tale fronte diviene eccessiva, se ne apre un altro superiormente, e poi, se occorre, un terzo, e così via. Lasciando tra ogni fronte ed il successivo una distanza orizzontale eguale all'altezza del fronte, si viene a stabilire una specie di grande gradinata. Lo scavo può continuare così contemporaneamente su tutti i gradini: l'abbattimento, facendo avanzare le fronti nello stesso modo, fa sì che si mantengano costanti le distanze relative nei diversi gradini. In questo modo il giacimento riesce attaccato sopra una grande superficie e nella cava o miniera trova posto un forte numero di operai: la produzione si moltiplica, mentre il lavoro procede sicuro. L'abbattimento del materiale riesce con questo sistema economico, perchè la roccia si presenta libera sopra le due faccie del gradino, e può quindi facilmente essere attaccata.

L'altezza di ogni gradino è in relazione alla compattezza della roccia ed alla pendenza della stratificazione. Essa varia da $2 \div 3$ metri per roccie tenere, e da $5 \div 20$ per quelle compatte. La larghezza dei gradini dipende dall'altezza, e sovente ne è eguale. La parete dei gradini è mantenuta verticale quando le roccie sono resistenti e con stratificazione orizzontale, oppure pendente verso l'interno del monte: Se la stratificazione pende verso lo scavo, e v'ha pericolo di scivolamento degli strati, sarà necessario dar piede ai gradini, e cominciare l'abbattimento del ciglio di ogni gradino, suddividendolo quasi in sottogradini di minor altezza. Se la roccia dei gradini non è stratificata ed è resistente, si può scavare il piede del gradino: si rende così la parete a strapiombo e si fa poscia rovinare dall'alto. Se la roccia è mediamente consistente, converrà mantenere al gradino una scarpa di $^6/_1$: se infine è sciolta, sarà necessario adottare la scarpa naturale.

Allorchè vi sono più gradini sovrapposti, si dà al gradino inferiore una scarpa inclinata d'un angolo minore rispetto a quella del gradino immediatamente superiore. Al gradino più alto si dà la scarpa necessaria per la sua stabilità, come fu detto precedentemente.

337. Quando il giacimento, anzichè svilupparsi sulla costa dell'altura, si dirige normalmente alla direzione dell'altura, presentandosi quindi con una larghezza relativamente modesta e invece con notevole altezza, occorre provvedere alla stabilità delle pareti laterali che incassano il giacimento. Chè se tali roccie incassanti non bastano di per sè per mantenersi in pareti verticali, per assicurarne la stabilità occorrerà sviluppare ad anfiteatro le fronti di taglio, e

far avanzare i gradini in modo che nella direzione del giacimento si sviluppino nel giacimento stesso, e lateralmente nelle roccie incassanti.

338. Alquanto più difficile si presenta il problema di iniziare una coltivazione a cielo aperto in terreni pianeggianti, dovendosi in tal caso provvedere all'estrazione del materiale abbattuto ed allo scolo delle acque, nonchè allo scoprimento del giacimento dal terreno sterile superficiale, che talvolta lo nàsconde per notevole altezza. Lo scavo si comincia allora in trincea, e procede poscia per allargamento della stessa.

Naturalmente l'ubicazione della trincea iniziale è in relazione al piano generale di coltivazione che si è stabilito di seguire.

Praticato in questo modo uno scavo di conveniente ampiezza sul limite del giacimento, e spinto in profondità, se è possibile, lo scavo stesso fino alla roccia sterile del letto, si procede lateralmente, verso la parte vergine del giacimento, spingendo da quel lato della trincea i gradini di abbattimento, mentre il terreno di ricoprimento e gli spurghi dello scavo, si accumulano contro la roccia sterile che limitava il giacimento. Le migliori condizioni della coltivazione si verificano quando ad un dato avanzamento dei gradini, corrisponde un eguale avanzamento del materiale sterile: in tale caso la larghezza dello scavo si mantiene costante.

Con questo sistema in Inghilterra fu possibile la coltivazione a cielo scoperto di strati orizzontali di ferro che avevano più metri di ricoprimento e nel Lussemburgo la coltivazione di alternanze di strati di minerale oolitico e di sterile. Ad ogni gradino, praticato sul fronte di avanzamento, corrisponde tratto, tratto, un ponte in legname sostenuto da cavalletti, che si dirige normalmente sull'altra sponda dello scavo, che è pure stabilita a gradini. Il materiale sterile proveniente dai gradini o dallo sbancamento, è così portato allo stesso livello all'altra sponda, ove è gettato in scarico. I cavalletti del ponte, tolti dalla parte dove per lo scarico dello sterile avanza il ciglio dello scavo, servono a prolungare il ponte dalla parte dei gradini, man mano che questi si avanzano nel minerale.

Rientrano in questi metodi di coltivazione con giudizioso riporto dello sterile, quelli usati per sfruttare le alluvioni aurifere di Vittoria nell'Australia. Nella fig. 83 è rappresentata schematicamente una tale coltivazione: essa si svolge attaccando il sedimento aurifero con lancie d'acqua analoghe ai *monitors* americani. In *D* è rappresentata la fronte di abbattimento, attaccata dalla

lancia *C*. Il materiale viene così travolto dall'acqua, e scorrendo sul suolo *E* si raduna in un pozzetto *F*, nel quale pesca il tubo *G*, aspirante di una centrifuga che solleva l'acqua e la sabbia. In *A* si trova l'installazione della pompa, in *H* la pompa stessa: l'acqua ritorna alla lancia mentre il materiale è sollevato per *I* nello *sluice K L* dove avviene l'amalgamazione dell'oro. Lo sterile grossolano cade in *K* a formare il deposito *M*, il quale viene poi ricoperto dal materiale fino che da *N* cade in *O*. Si rende così il terreno atto all'agricoltura, poichè si costituisce un sottosuolo *P* permeabile, ricoperto dal terreno fino *O*, mentre si ricava l'oro dell'alluvione. Il riporto è sostenuto con muri a secco e tutta l'installazione si sposta lateralmente col progredire della coltivazione.

339. Nelle coltivazioni a cielo aperto in terreni pianeggianti occorre sovente provvedere alla evacuazione delle acque dallo

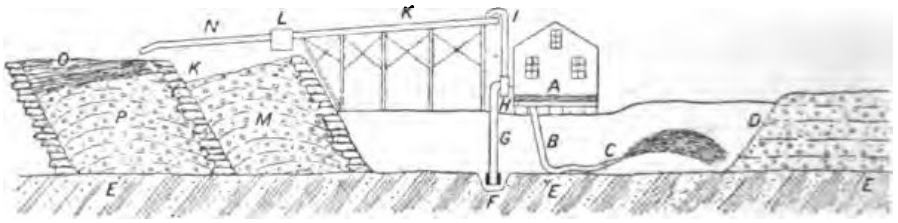


Fig. 83.

scavo: acque di pioggia, acque superficiali, ed acque che possono filtrare dal sottosuolo. Naturalmente si renderà minima la quantità d'acqua che si immette nello scavo, eseguendo attorno allo stesso opportuni collettori che convogliano l'acqua verso valle. Se poi v'hanno corsi d'acqua che possono recare inconvenienti, allora si cercherà di deviarli dal loro corso e di regolarizzarli in modo da impedire gli spandimenti che favoriscono le infiltrazioni. Il fondo dello scavo deve essere sistemato in modo che le acque si radunino in una parte bassa, e non rechino ingombro al lavoro: le acque si potranno di là elevare alla superficie per mezzo di pompe. Più conveniente è la soluzione di aprire una galleria per sfogare a valle le acque raccolte nello scavo, ma questa soluzione è solo possibile in terreno adatto. Così pure in qualche caso le condizioni del sottosuolo possono essere tali da permettere l'apertura di pozzi assorbenti, che liberano lo scavo dalle acque. Altre volte invece le venute d'acqua sono continue dal fondo dello scavo, ed allora, se non si possono dominare con pompe, sono veramente d'ostacolo alla coltivazione sotto un determinato livello. In qualche caso nei

terreni porosi il livello delle acque freatiche si potè abbassare con opportune opere di drenaggio: Una galleria ad es. scavata sotto la coltivazione, o anche semplicemente nel bacino stratigrafico, può prosciugare completamente lo scavo. Naturalmente queste opere non trovano guida che in uno studio topografico-tectonico della regione.

In qualche cava per l'esaurimento delle acque si adottarono dei sifoni: evidentemente ciò non è possibile che ove la configurazione altimetrica del suolo si presta a tale soluzione: il sifone può costare assai meno dell'apertura di una galleria di scolo.

340. Il trasporto del materiale utile scavato nelle coltivazioni di cui ci occupiamo, si compie o per mezzo di una via che si apre nella parte bassa della coltivazione, o per mezzo di elevatori. Quando non è possibile dotare lo scavo di una via inferiore d'uscita, magari in trincea, del materiale scavato, si può ricorrere all'apertura di una galleria, se la località si presta. Se queste soluzioni non sono possibili, si stabilisce un elevatore, od un piano inclinato nello scavo, il quale porta al ciglio superiore il materiale che riceve dai vari gradini: questi elevatori richiedono naturalmente della forza motrice.

Una disposizione molto semplice, adottata nelle cave d'ardesia, ed in altri scavi, è quella rappresentata dalla fig. 84. A destra si vede l'installazione motrice, dotata di un tamburo d'avvolgimento dal quale si parte una fune d'acciaio, che sostenuta da una puleggia, scende sul fondo dello scavo; un'altra fune risale sul ciglio opposto e si fissa ad un verricello. A queste funi si attacca la taglia che sostiene il materiale da sollevare: agendo sul tamburo, evidentemente si solleva il materiale al ciglio dello scavo.

Altre volte si adotta un impianto più semplice, costituito da una fune guida, amarrata sul fondo e che sale al ciglio dello scavo. Lungo questa guida scorre un anello od una puleggia, che sostiene il materiale, il quale viene sollevato per l'azione di una fune che s'avvolge ad un tamburo superiore. La fig. 88 mostra questa disposizione che pure è adottata in cave d'ardesia.

Talvolta può convenire, se il materiale è frammentizio, di stabilire una specie di ampia noria con una fune continua, che sia portante e trainante nello stesso tempo: il materiale è caricato in secchi fissati in detta fune. Potrebbero all'uopo anche servire dei *conveyors* analoghi a quelli che saranno descritti nel capitolo Trasporti, quando non si dovessero vincere notevoli altezze. Infine in parecchie grandi cave il sollevamento di prodotti si fa per mezzo di *piani inclinati*, dei quali ci occuperemo in seguito.

341. L'abbattimento del materiale nei gradini dello scavo si compie, a seconda della sua durezza, coi metodi che abbiamo visto ai capitoli precedenti. Si userà il lavoro col piccone e colla pala, oppure con escavatrici pei materiali incoerenti: si impiegheranno le mine se il materiale è più resistente.

Le mine potranno essere praticate a mano, con perforatrici a mano, oppure con perforatrici azionate meccanicamente. Negli scavi

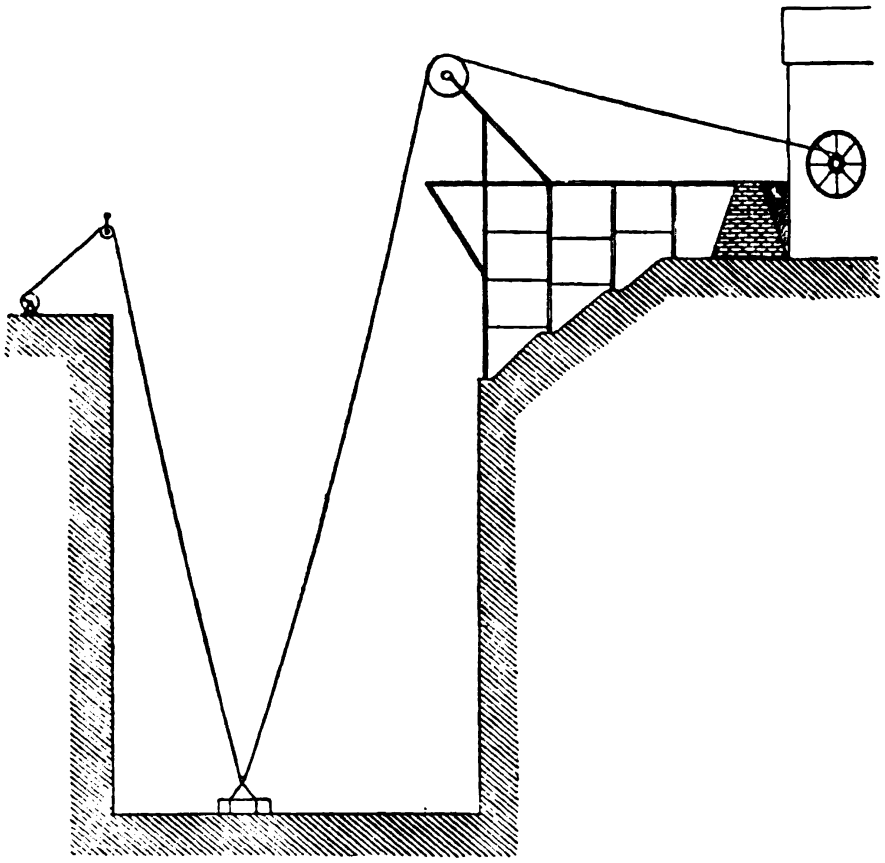


Fig. 84.

a cielo aperto è in uso il lavoro colla mazza coppia, o con barremine. Le perforatrici a mano dànno nelle roccie tenere, come gesso, ardesia, ecc., sicuri ed ottimi risultati, e sono largamente usate in alcune coltivazioni: a parità di numero di operai, esse permettono di raddoppiare la produzione.

Le perforatrici meccaniche usate nei lavori a cielo scoperto per roccie dure, sono generalmente ad aria compressa, sia del tipo ro-

tativo che a percussione. Le condotte d'aria sono stabilite lungo i gradini, e da esse si dipartono con tubi di cautchouch i condotti che adducono l'aria alle perforatrici. Queste sono montate sopra robusti trepiedi amarrati inferiormente con grossi pesi.

A Quenast nel Belgio, ove si producono i dadi per la pavimentazione delle strade di parecchie città del Nord, esiste una grande installazione di perforatrici per la lavorazione su tutti i gradini della grandiosa cava colà esistente. In parecchie coltivazioni allo scoperto si impiegano perforatrici elettriche.

In alcune coltivazioni molto importanti per l'abbattimento dei gradini si usano metodi speciali. Così, se il gradino ha più metri di altezza, si aprono al piede parecchie corte gallerie, normali al fronte del gradino: Tali gallerie costituiscono tanti fornelli da mina, nei quali si dispongono le cariche di polvere: facendo esplodere contemporaneamente tali cariche, si provoca lo scoscendimento del gradino. Sopra ogni piano dei gradini è stabilito un binario, ed il materiale abbattuto viene rapidamente caricato nei vagonetti e trasportato. Detti binari si spostano lateralmente man mano che col procedere degli abbattimenti si avanzano i gradini. In altri casi si stabilisce al piede del gradino un reticolato di gallerie in modo da sostenere la massa di minerale sopra una serie di pilastri, che si fanno poi saltare contemporaneamente con mine elettriche, come ad es. si pratica a Dux in Boemia.

A complemento di quanto fu detto, riportiamo la veduta di una porzione della miniera di Rio Tinto a Huelva in Spagna. La miniera di Rio Tinto coltiva una grande massa lenticolare di pirite di ferro che contiene circa il 2 % di rame: essa è disposta verticalmente, sul contatto fra gli schisti carboniferi ed i porfidi. Le coltivazioni a cielo aperto hanno richiesto costosissimi lavori di sbancamento, il cui importo è stato ammortizzato coi prodotti della coltivazione. Nella figura si vedono diversi gradini che hanno 16 ÷ 20 metri di altezza: sopra di essi circolano i vagoni destinati al trasporto del minerale: i treni sono trascinati da locomotive. Alcuni tunnel permettono ai treni di uscire dal piano dei vari gradini dello scavo, e di unirsi alla strada ferrata principale. L'abbattimento dei gradini è fatto aprendo numerose camere e facendone poi scoscendere la parte superiore.

342. Il costo degli *abbattimenti delle roccie dure* è oltremodo variabile da caso a caso: comprendendosi sotto tale denominazione generica, roccie di resistenza molto diversa, che si presentano più o meno difficili all'attacco e che devono essere abbattute senza

regola alcuna, oppure con speciali precauzioni. Il costo poi dipende dal modo e dal mezzo d'abbattimento.

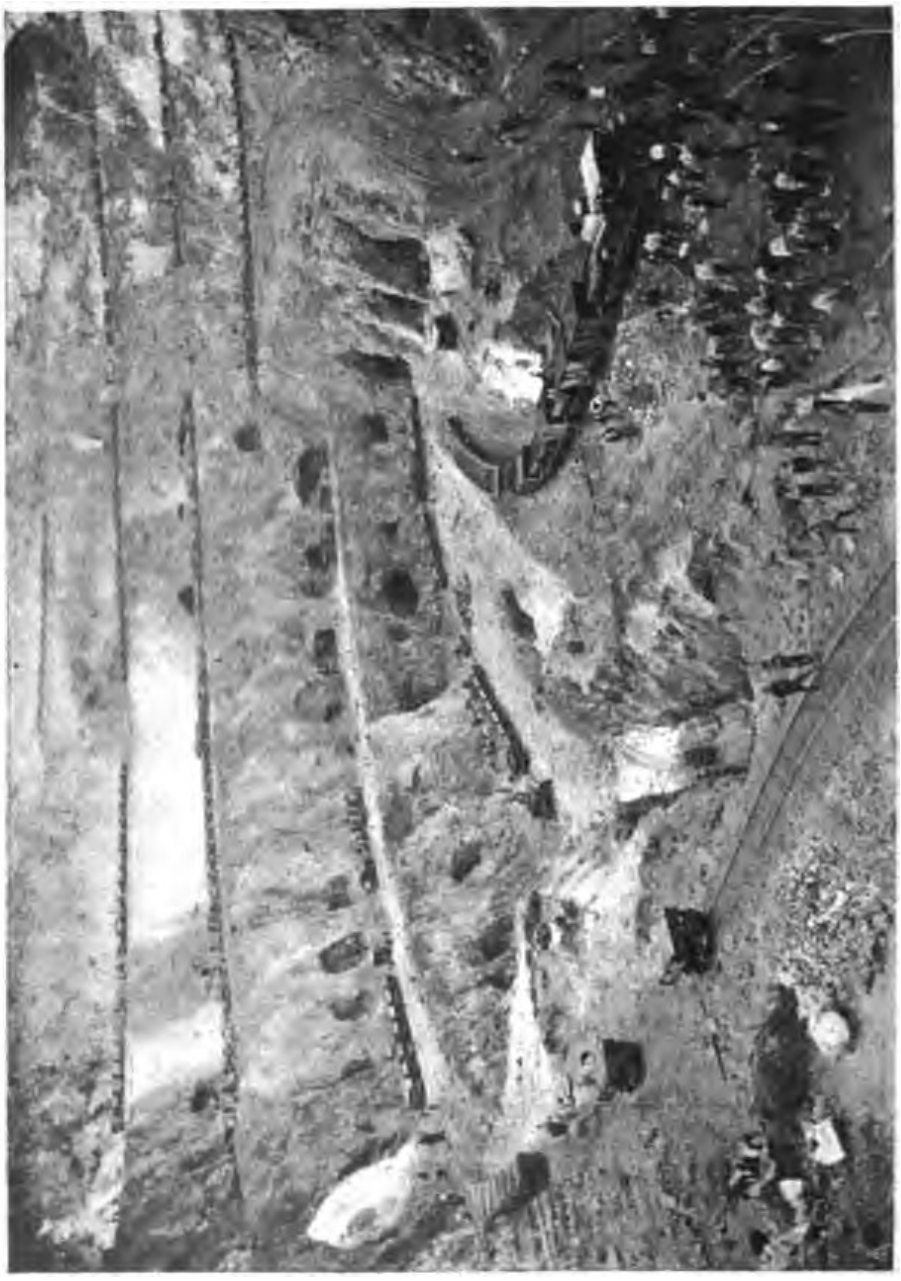


Fig. 85.

Il granito in blocchi di commercio può costare 25 ÷ 40 lire al m. c.: se è ottenuto con varate lire 0,50 - 1,00 al m. c. di roccia

dislocata. In una cava di granito degli Stati Uniti, che produceva 1400 m³ al giorno impiegando perforatrici, si avevano 27 operai e si consumava circa 1 kg. di esplodente per m³ di roccia e 50 kilogrammi di carbone per le perforatrici. Col prezzo degli esplodenti in ragione di L. 1 al kg. la polvere nera e 1,70 la dinamite, valutando il carbone in L. 25 la tonn. e la mano d'opera agli elevati prezzi della regione, risultava il costo del m³ di granito, esclusione fatta delle spese di impianti ecc., L. 25 il m³. Nelle miniere di ferro, ove il lavoro si compie in buone condizioni, il costo d'abbattimento del minerale varia da L. 1 a L. 3 alla tonn.

443. *Coltivazione delle torbiere.* — La torba si forma nei terreni acquitrinosi in strati talvolta di qualche metro di potenza. La torba è molle e facilmente tagliabile col *louchet* (v. n. 180).

Per iniziare la coltivazione di una torbiera, si può abbassare con pompe l'acqua fino alla superficie del suolo, se ciò è necessario, e poscia si praticano una o più trincee parallele, che vengono man mano allargate col *louchet*, ricavandone i parallelepipedi di torba madidi d'acqua, i quali sono posti al sole ad asciugare. Gli operai lavorano sopra tavole per non affondare nella torba. Quando le torbiere non sono subacquee, si pratica invece con una serie di canali un drenaggio allo scopo di prosciugarle completamente: occorrono però alcuni anni prima che la torbiera si rassodi.

In alcune torbiere, anzichè la pala a mano, si impiegano delle pesanti pale che sono mosse meccanicamente. L'apparecchio è allora montato sopra un carrello che si sposta, sopra tavole opportunamente disposte sullo strato torboso, lungo il taglio da praticarsi. Altrevolte invece il louchet è collocato sopra un barcone che si muove nella trincea lungo la sponda da intagliare.

In qualche caso queste due disposizioni si combinano, ed il louchet meccanico viene sostenuto contemporaneamente da un carrello che scorre sulla torbiera, e da un galleggiante che si muove nel canale stato aperto. Per l'estrazione della torba servono pure molte volte le draghe. — Questi mezzi meccanici si adoprano in alcune grandi torbiere del Nord d'Europa, ove è anche necessario produrre intensamente nei pochi mesi dell'anno favorevoli all'essiccamento della torba.

Talvolta la torba è trattata in macchine speciali (Krauss) munite di elicoidi di ferro che la sminuzzano, l'impastano e la comprimono, formando direttamente un prodotto omogeneo che per densità è paragonabile al legno.

CAPITOLO IX.

Coltivazioni sotterranee

Generalità: Ubicazione dei pozzi - livelli - quartieri - cantieri - Sistemi di coltivazione.

Coltivazioni per vuoti. — Per grandi camere - per pilastri - per frana del minerale.

Generalità.

344. Per preparare convenientemente la coltivazione sotterranea di un giacimento, sarà necessario dapprima raggiungerlo con lavori sufficientemente ampi, per assicurare l'uscita del minerale che verrà scavato, e poscia dividerlo mediante gallerie, che costituiranno le arterie principali della miniera, in quartieri.

In essi si stabiliranno in seguito i *cantieri* di lavoro, di cui ci occuperemo particolarmente più avanti.

Quando il giacimento si trova incassato ad una certa altezza sopra il fondo della valle, sarà sempre facile raggiungerlo mediante gallerie; ma se, invece, il minerale si trova ad una certa profondità sotto il *thalweg*, occorrerà per raggiungerlo aprire dei pozzi opportunamente ubicati.

Saranno questi i *pozzi maestri* della miniera, dai quali si dipartiranno le gallerie, distribuite in opportuni piani orizzontali o *livelli*.

Il numero dei pozzi necessari per coltivare un dato giacimento, dipende dalla natura e dall'estensione del giacimento stesso.

Così nelle marne salate del miocene di Borislaw, nella Galizia, dove si coltivano dei giacimenti di ozocherite, si pratica un pozzo ogni $60 \div 80$ metri, perchè non riesce colà possibile, per la natura dei terreni, mantenere gallerie più lunghe.

Nelle miniere carbonifere d'Inghilterra, invece, si spingono le coltivazioni soventi a due o tre chilometri dai pozzi.

Inoltre, il numero dei pozzi, destinati alla coltivazione di un giacimento, dipende dall'entità della produzione che si vuole ottenere, essendo ben evidente che ogni nuovo pozzo permetterà l'apertura di nuovi cantieri sotterranei.

La legge nostra di polizia delle miniere esige, per ogni coltivazione sotterranea, almeno due comunicazioni distinte coll'esterno.

345. L'ubicazione dei pozzi maestri deve essere in relazione non soltanto con la forma e colla posizione nel suolo del giacimento da coltivare, ma anche collo sviluppo ulteriore che avrà la miniera. Per cui i pozzi si dovranno ragionevolmente collocare in punti tali che, con successivi approfondimenti, essi possano sempre rispondere al loro scopo.

È evidente che i pozzi maestri delle miniere dovranno essere situati in relazione alla topografia locale, in guisa da soddisfare nel miglior modo a parecchie condizioni: così, essi dovranno trovarsi al sicuro dalle invasioni delle acque superficiali; presentare comodità per scaricare ed accumulare all'esterno i materiali sterili che provengono dalla miniera, ecc.

Inoltre, dall'orificio dei pozzi dovrà potersi convenientemente evacuare l'acqua portata a giorno dalle pompe, ed inviare economicamente a destino il minerale scavato.

Infine, sarà necessario di poter stabilire, in prossimità del pozzo, un piazzale e le vasche d'acqua pura per l'alimentazione delle caldaie della macchina d'estrazione, ecc.

Nella fig. 86 si vede il pozzo maestro aperto a tetto della formazione e da esso si dipartono le gallerie di livello che raggiungono ed attraversano, lo strato, costituendo così le arterie principali dei livelli, destinate ad addurre il materiale al pozzo.

Noi considereremo, in ciò che diremo in seguito, il tratto di giacimento compreso o individuato da due gallerie principali che comunicano col pozzo, e che limiteranno quindi il giacimento in *livelli* o *quartieri*, secondochè si tratterà di giacimenti raddrizzati o che si sviluppano in piano.

In queste porzioni, in cui resta diviso il giacimento, si stabiliranno i *cantieri* di coltivazione con un determinato ordine, ed in essi si procederà poscia, con una data regola, allo spoglio e cioè all'abbattimento del minerale. Si viene così a precisare il ***metodo di coltivazione.***

346. Consideriamo un complesso inclinato di strati, attraver-

sato da un pozzo. Ogni 50 metri, ad es., partiranno dal pozzo dei traverso banchi a tagliare gli strati: All'incontro del traverso banco con ogni strato, supponiamo di condurre nello strato una galleria in direzione. Gli strati risultano così preparati per la coltivazione: ognuno di essi presenta evidentemente una serie di gallerie orizzontali, distanti verticalmente 50 metri l'una dall'altra, che lo dividerà in diversi *livelli di lavorazione*, distinti generalmente col numero d'ordine o colle quote del traverso-banco cui corrispondono. Ad es. *3° livello,* oppure *livello* o *piano* a 150 m. ecc.

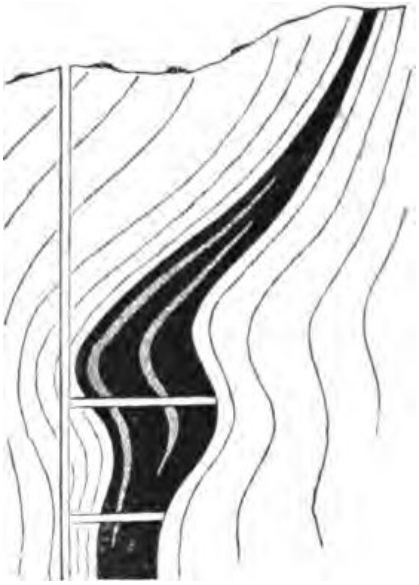


Fig. 86.

La parte di strato compresa tra due livelli, costituisce un *livello di coltivazione* o *quartiere,* ed è controdistinta col numero del livello inferiore. Se la inclinazione dello strato è piccola, per un'altezza verticale ad es. di 50 metri, si ha un livello oltremodo esteso, che conviene suddividere in livelli intermedi, o sotto-livelli, mediante gallerie orizzontali. — Queste saranno poste in comunicazione, con altre inclinate, con quelle inferiori e superiori che limitano il livello di coltivazione, e che sono in relazione diretta coi traverso banchi. — Viceversa, se lo strato è molto raddrizzato, il quartiere assume una estensione non eccessiva ed allora si può anche aumentare la distanza verticale fra i traverso banchi. I livelli in un complesso di strati saranno quindi tanto più alti quanto più gli strati sono raddrizzati; tale distanza è in generale compresa tra 50 e 100 metri.

Quanto si disse per uno strato, vale anche per tutti gli altri, per cui ad es. il terzo livello si riscontrerà in tutti gli strati paralleli del complesso che abbiamo considerato, e tutti i livelli d'egual numero o quota, saranno in relazione col traverso banco che individua il livello stesso. In tali circostanze, per distinguere i vari livelli che hanno la stessa quota, si riferiscono allo strato o vena cui appartengono.

347. Consideriamo ora un livello, ad es. il III, in uno strato di media inclinazione, e vediamo come si stabiliscono i cantieri.

Si tracciano dapprima delle gallerie montanti, le quali, partendo da quella al livello III, si dirigono nello strato secondo la sua inclinazione fino a raggiungere il livello superiore. La distanza che corre fra queste comunicazioni, quando il tetto ed il muro dello strato sono solidi, e l'inclinazione dello strato piuttosto forte, può superare 150 metri. Quando invece le roccie incassanti sono poco solide, oppure l'inclinazione dello strato non è grande, per cui non riescono molto costosi i piani inclinati automotori che si dovranno stabilire in dette gallerie, la distanza fra esse può scendere ad 80 metri: questo sarà il nostro caso. Il piano di coltivazione resta così diviso in quartieri rettangolari limitati dalle due gallerie principali dei livelli III e II, e, nel senso dell'inclinazione, dalle due gallerie montanti, nelle quali si stabiliranno poi i piani inclinati. I quartieri così individuati vengono in seguito divisi in massicci.

Il modo di divisione dello strato in massicci dipenderà dal *metodo di coltivazione* adottato. Nei diversi massicci si stabiliranno infine i *cantieri* di abbattimento. Le gallerie che individuano i massicci costituiscono il *tracciamento*. In alcuni sistemi di coltivazione non si compie alcun tracciamento preliminare nei quartieri.

348. I metodi di coltivazione si possono dividere in due grandi categorie; *con vuoti*, quando permane il vuoto a coltivazione compiuta, e *con riempimento* quando il vuoto, creato collo scavo del minerale, riesce colmato con del materiale sterile durante la coltivazione. Questa seconda categoria di metodi ha importanza grande: il materiale di colmatura dei vuoti può provenire dal franamento del cielo dello scavo ed allora la coltivazione è *con frana* o *scoscendimento;* oppure tale materiale proviene dalla coltivazione stessa, od è importato nel cantiere, ed allora la coltivazione è *con ripiena*.

Nella coltivazione **con vuoti** noi distingueremo tre casi:

coltivazioni per grandi camere, come quelle che si adottano nei giacimenti di sale, nelle cave di ardesia, ecc.;

coltivazioni con pilastri di limitata altezza, che si sviluppano in generale negli strati potenti o negli ammassi;

coltivazioni per vuoti con franamento del minerale, caso non molto frequente in pratica ed applicabile soltanto a certi giacimenti franosi.

Ad eccezione di questo ultimo caso, in tutte le altre coltivazioni per vuoti si abbandona una parte più o meno notevole del giacimento, perciò i metodi di coltivazione per vuoti sono in

generale adottati soltanto per minerali abbondanti e di basso valore.

Le coltivazioni **con riempimento** si dividono in coltivazioni con *frana* e con *ripiena*.

Le coltivazioni con **frana** o **scoscendimento** del tetto sono evidentemente applicabili solo ai giacimenti di qualche potenza. Noi distingueremo le coltivazioni che comportano, con un preliminare tracciato di gallerie, la divisione del giacimento in *massicci brevi*, da quelle, più importanti, che comportano la divisione in *massicci lunghi*. In seguito descriveremo qualche metodo proprio alla coltivazione degli strati molto regolari, nei quali i cantieri si sviluppano *senza alcun preliminare tracciamento di gallerie*, e infine accenneremo alla coltivazione degli strati di potenza superiore alla media.

Appartengono ai metodi di coltivazione con **ripiena** quelli a *tagli montanti ed in direzione*, propri degli *strati poco potenti*. La coltivazione degli *strati mediamente potenti* è soventi fatta per camere: accenneremo in seguito ai *metodi misti*, che comportano ripiene incomplete; e considereremo infine i *giacimenti che hanno grande altezza verticale*, come gli strati raddrizzati ed i filoni.

Le coltivazioni degli *strati potenti ed inclinati* sono fatte per *trancie inclinate* e per *trancie orizzontali*, e comportano tali metodi, sia lo scoscendimento delle formazioni del tetto, sia la ripiena. Accenneremo infine all' applicazione dei metodi per *trancie orizzontali prese in traverso*, ai *filoni molto potenti* e *agli ammassi*.

Quindi ora, tenendo la divisione sovra esposta, descriveremo alcuni fra i principali metodi di coltivazione seguiti nelle miniere.

Coltivazioni per vuoti.

349. **Per grandi camere.** — Questo metodo è applicabile alle grandi masse di materiale relativamente consistente.

Nella massa del minerale si pratica una serie di ampi vuoti; una parte del materiale utile è lasciato in posto a costituire dei *pilastri*, delle *pareti*, dei *diaframmi* atti a sostenere il cielo o tetto dello scavo. La parte utilizzata del giacimento a coltivazione finita è rappresentata dal vuoto, mentre va perduta la parte che, per la stabilità dell'edifizio minerario, si è dovuta lasciare in posto. Talvolta, quando la massa di minerale che si coltiva è molto

potente, oppure quando le formazioni sterili del tetto sono poco resistenti, o addirittura franose, oltre le pile propriamente dette, si lasciano in posto anche delle *suole*, sia per collegare fra loro i pilastri, quando sono di altezza eccessiva, sia per sostenere i materiali franosi che costituiscono il cielo dello scavo. — Evidentemente, con questi sistemi di coltivazione, la parte utilizzata del giacimento è tanto più piccola, quanto meno resistente è il materiale che costituisce il giacimento, ed è perciò che essi sono in generale applicati allo scavo di materiali poco pregiati e di qualche durezza, come ad es. le pietre da costruzione, i minerali di ferro, le ardesie, il salgemma, lo solfo, le piriti di ferro, ecc.

Questi sistemi di coltivazione, quando si sviluppano in roccie solide, permettono sovente di creare degli ampi cantieri di abbattimento, per cui aumenta il rendimento del minatore: inoltre essi non richiedono spese per sostegni o per riempimento di vuoti. Per questi motivi sistemi analoghi si trovano talvolta applicati anche nelle miniere metallifere, e precisamente quando per l'irregolarità della mineralizzazione, riesce possibile lasciare delle pile di sostegno poco mineralizzate o sterili.

350. Nella coltivazione per vuoti, se le pile sono di sezione conveniente, si ha il vantaggio di salvaguardare perfettamente le formazioni superiori allo scavo da qualunque movimento o dislocazione: ciò è specialmente importante quando si coltivano giacimenti sottomarini, sotto laghi, sotto corsi d'acqua, oppure sotto costruzioni, quando insomma non si vuole dislocare la superficie. Così in Inghilterra si coltivano, lasciando dei pilastri, alcuni giacimenti sottomarini di litantrace, appunto per evitare ogni possibile movimento nelle formazioni superiori, che potrebbe convogliare acqua nella miniera.

Le pile o le pareti, lasciate così a sostenere la corona dello scavo, devono essere tali da resistere agli sforzi cui sono sollecitate. La determinazione delle sezioni delle pile, o della resistenza del tetto, risulta però incerta, non potendosi valutare la resistenza allo sforzo di taglio che presenta la roccia in corona, in corrispondenza al perimetro dello scavo.

La sezione dei pilastri va calcolata in modo che il carico reale per unità di superficie risulti sempre di molto inferiore al carico di sicurezza, determinato pel materiale nel laboratorio di prova. Se i pilastri assumono notevole altezza, si potrà tener conto del loro peso, in modo di avere delle sezioni di eguale resistenza.

Quando in una miniera le pile sono sovracaricate, si odono

talvolta dei colpi cupi, quasi avvenissero degli scoppi nel sotterraneo: Questi rumori, specialmente se accompagnati dalla formazione di fratture nelle pile, accennano alle dislocazioni. L'aumentare di frequenza dei colpi è prodromo di crollamenti: quando le pile cominciano a fendersi, perchè sovracaricate, basta talvolta percuoterle con un martello per provocare il violento distacco di scheggie.

È evidente che per assicurare la stabilità di una coltivazione per vuoti, oltre lasciare pile di sezione conveniente, bisogna anche verificare se esse appoggiano su formazioni resistenti e capaci di sostenerle.

Le coltivazioni per grandi camere presuppongono naturalmente delle formazioni al tetto molto resistenti ed una grande solidità nelle pareti. Esse si praticano o per abbattimento diretto, oppure, trattandosi di sali, talvolta per dissoluzione.

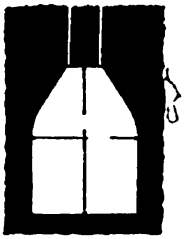


Fig. 86.

Le celebri miniere di sale di Wielitzka nella Galizia e di Marmaros in Ungheria, presentano delle camere di oltre 100 metri di altezza. Queste antiche coltivazioni furono iniziate superiormente, e il vuoto si è man mano approfondato collo scavo del materiale. Le camere di Marmaros offrono sezioni verticali analoghe a quelle che, in molto piccola scala, sono rappresentate nelle fig. 86 e 87. Le prime, di sezione circolare, datano dal 600: Le seconde di sezione rettangolare si crearono circa mille anni dopo.

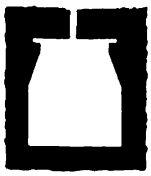


Fig. 87.

351. Grandi camere sotterranee presentano le coltivazioni di ardesie in alcuni punti della Francia ed in Inghilterra. Così nell'Anjou si coltivano strati potenti di ardesie, di andamento quasi verticale, i quali differiscono dai terreni siluriani incassanti solamente per la fissilità loro propria: fissilità che pare dovuta ad una specie di laminazione subita dalla roccia nel suo raddrizzamento verticale.

Le coltivazioni delle ardesie nell'Anjou e altrove si sviluppano all'aperto, oppure in vaste camere sotterranee. L'abbattimento si compie successivamente, per banchi orizzontali di $3 \div 4$ metri di altezza, in guisa da creare un grande scavo, di forma rettangolare, le cui pareti, normali alla direzione dello strato d'ardesia che si coltiva, e che sono quindi normali alla fissilità della roccia, si mantengono verticali, mentre le altre due pareti, che corrono parallelamente al tetto ed al muro dello strato, risultano intagliate

a gradini di 4 metri di altezza, per dare solidità alle pareti dello scavo ed evitare così i parziali scoscendimenti.

L'abbattimento del materiale si compie al fondo dello scavo, aprendo dapprima, sulla sua ***linea mediana*** (fig. 88), nel senso della stratificazione, una trincea a pareti verticali, larga due metri e profonda quattro, per creare così lateralmente le due fronti di abbattimento.

Quando non si vuole praticare lo scavo a cielo scoperto per evitare le spese di sbancamento oppure l'acqua nella cava, si apre

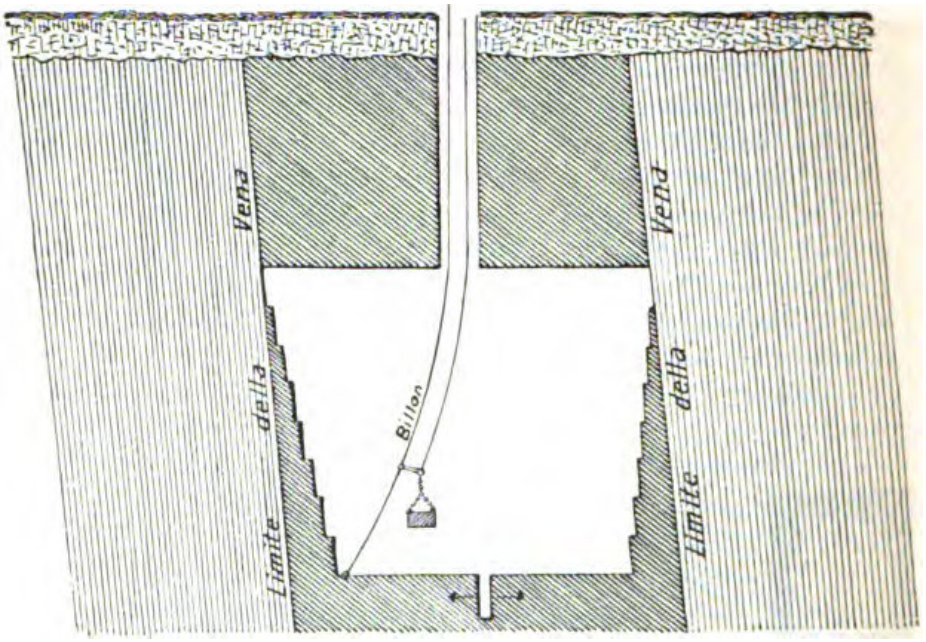


Fig. 88.

un pozzo, e poscia si procede all'abbattimento del materiale in modo da costituire una specie di ampia vôlta, destinata a ricoprire la coltivazione che andrà man mano approfondandosi. Il materiale abbattuto viene sollevato colla fune di guida, che, passando lungo il pozzo, arriva alla superficie. La superficie di queste vôlte in Francia ammette un massimo di 2500 mq.

Tali metodi di coltivazioni non presentano però grande sicurezza e le coltivazioni delle cave di ardesie sono più ricche d'infortuni che non le coltivazioni di carbone. Dei piani di scorrimento, che incontrati ad una certa profondità nello scavo salgono

fino alla superficie ed interessano le pareti verticali, possono provocare, specialmente dopo pioggie o geli, pericolosi scoscendimenti.

352. Quando la coltivazione si svolge con ampie camere, si deve esaminare continuamente lo stato delle pareti e della vôlta dello scavo per rilevare il manifestarsi delle fratture ed il loro progredire. A questo scopo si costituiscono dei ponti di circolazione, incastrando, coll'aiuto di cunei di legno ben secco, delle travi di sostegno nelle pareti e nella vôlta dello scavo. Sopra tali ponti circolano degli operai visitatori, i quali constatano la formazione delle nuove fessure e le suggellano con sego bianco: questo ha la proprietà di fessurarsi al minimo spostamento delle labbra della fenditura, e permette così di seguire i progressi dei movimenti che interessano le roccie: Quando essi si accentuano, gli operai abbandonano il cantiere, perchè nelle cave di ardesia la fissilità del materiale e delle roccie incassanti produce con grande facilità gli scoscendimenti, che portarono talvolta al franamento di tutta la cava.

Nelle coltivazioni di salgemma le grandi camere non presentano pericolo, pel motivo che le fenditure, che possono formarsi nel cielo o nelle pareti, sono in breve tempo perfettamente suggellate dalle soluzioni sature di sale che circolano nella massa.

Nell'Inghilterra, a Festinog (contea di Galles) si coltivano dei banchi di ardesia di 30 ÷ 40' metri di potenza, inclinati di circa 35°. Lo scavo è svolto per camere di 20 metri di lunghezza, ma che in larghezza comprendono la potenza del giacimento: Per dividere le varie camere e sostenere le roccie del tetto, si lasciano dei pilastri di 10 metri di spessore.

La coltivazione procede dall'alto verso il basso: si lavora al letto delle camere, che viene intaccato a gradini diritti. Abbassando il letto, le camere crescono in altezza, e talvolta in modo assai rilevante, in grazia alla solidità che presentano le roccie del tetto.

Le ardesie scavate sono portate all'esterno per mezzo di gallerie orizzontali, le quali, partendo dal fianco della valle, sboccano all'interno della cava, e la percorrono poscia sopra ponti gettati sui vuoti delle camere, attraversando i diversi pilastri.

In alcune coltivazioni, anzichè abbandonare dei lunghi pilastri rettilinei, si sogliono dividere a zig-zag per arrestare le fenditure naturali del cielo dello scavo e ovviare così agli eventuali franamenti (fig. 89).

353. Nei filoni viene talvolta usata la coltivazione per vuoti, la quale può convenire specialmente quando il filone è verticale, ben riunito, di potenza costante, ed incassato in roccie solide e resistenti.

In tali casi nel filone abbattuto per gradini diritti, nascono vuoti anche di grande altezza. Così ad es. nelle miniere piombifere di Mies, presso Pilsen, parecchi livelli della miniera sono perfettamente vuoti, e le gallerie di livello corrono sopra ponti, ottenuti incastrando dei travicelli nelle pareti laterali.

Ma quando la mineralizzazione del filone non è ben riunita secondo un piano più o meno verticale, colla coltivazione per vuoti si corre rischio di non potere asportare completamente la zona mineralizzata, perchè si interna nelle pareti dello scavo. La successiva ripresa di tali zone, riesce in generale oltremodo costosa, e nella maggior parte dei casi pericolosa, per le masse di roccia che rimasero sporgenti in falso col progredire del lavoro. Questo sistema di coltivazione è detto *strozzo*.

354. In qualche caso, nei giacimenti di sale, le camere, invece di essere ottenute coll'abbattimento del sale, sono praticate per dissoluzione. Si apre nella massa una camera iniziale e per mezzo di un tubo si porta l'acqua a contatto del sale da sciogliere: la soluzione si estrae poi mediante un altro tubo. In questi casi le camere prendono sezione circolare od elittica. Così a Salzkammergut, nel ducato di Salzburg, per mezzo di gallerie a diversi livelli, si penetra dall'esterno nelle argille salate, le quali contengono dal 50 al 90 % di sale. Da queste gallerie principali se ne ramificano altre, da una parte e dall'altra, ogni 80 metri circa, e su ciascuna di queste si scavano dei vuoti di 400 ÷ 500 mq. ed alti circa 2 metri, nei quali, per mezzo di tubi che provengono dal piano superiore, si fa arrivare l'acqua dolce. Questa intacca il cielo dello scavo e lo sopraeleva: dopo una quindicina di giorni, le sostanze argillose si sono depositate sul fondo dello scavo mentre la soluzione di sale ha raggiunto la densità di 25° Baumé; si estrae allora per mezzo di tubi muniti di prese filtranti. Nelle camere si introduce poscia nuova acqua dolce, mentre quella salata è mandata all'evaporazione nelle officine.



Fig. 89.

Rientra in questa categoria di coltivazioni il metodo Frasch, recentemente applicato per ricavare lo zolfo dai giacimenti della Loisiana. In tubi di ferro affondati nel terreno, si invia dell'acqua surriscaldata a contatto dello zolfo: questo si liquefà e così fuso viene portato alla superficie mediante altri tubi e coll'aiuto di pompe ad aria: queste coltivazioni si protendono a circa 240 metri sotto il suolo, e lo zolfo fuso sale di per sè a 120 m., da dove dicesi venga pompato. Il metodo speciale di coltivazione pare dia

risultato, e venne adottato perchè i depositi solfiferi si trovano tra formazioni di fina rena ricca d'acqua, che si ritengono inaccessibili cogli ordinari lavori di miniera.

355. Nelle coltivazioni per vuoti, alle lunghe pile o pareti si sostituiscono talvolta dei pilastri di sezione prossimamente quadrata. Si possono distinguere due modi di coltivazione, e cioè: i pilastri sono relativamente poco alti e costituiscono un solo ordine, oppure sono molto alti e riuniti fra loro da suole in modo da costituire più ordini sovrapposti di pilastri ordinari. — Il primo sistema è

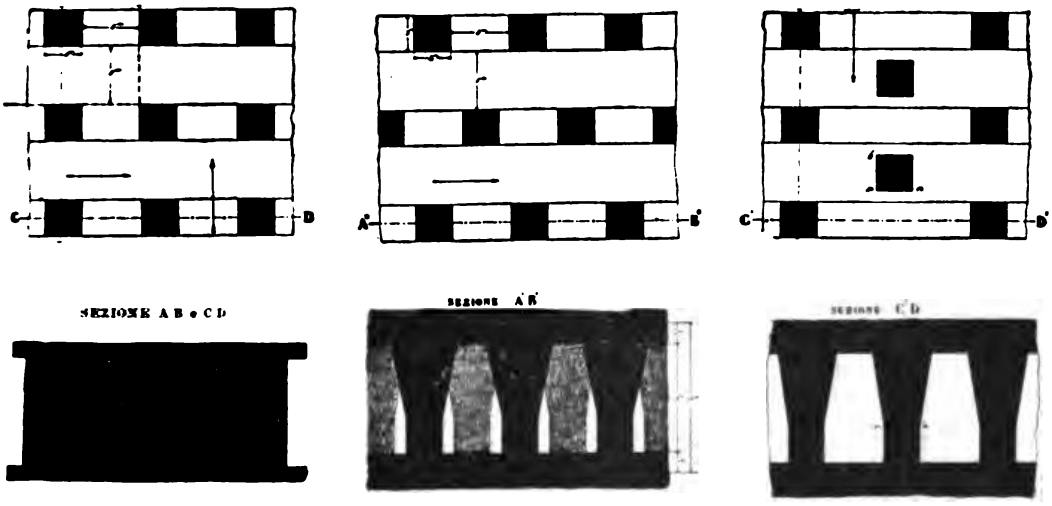


Fig. 90. Fig. 91. Fig. 92.

adottato nei giacimenti poco potenti, il secondo nei giacimenti di notevole altezza.

La forma dei pilastri è sovente rastremata in basso, quando occorre lasciare superiormente una suola di materiale a reggere il tetto. La disposizione dei pilastri è generalmente regolare, a quinconcia od a scacchiera. Nelle figg. 90, 91 e 92 sono rappresentate in piccola scala tre disposizioni di pilastri. Nelle figure superiori sono segnate in nero le sezioni orizzontali dei pilastri: nelle figure inferiori sono rappresentate le elevazioni, secondo le sezioni C D, A' B', C' D'.

Coltivazioni di questo genere si incontrano, ad esempio, nelle cave di pozzolana della Campagna romana.

In molte cave sotterranee ed anche in alcune miniere, se il materiale che si scava non ha composizione uniforme, si abbandonano le parti più povere o sterili del giacimento, a costituire i pi-

lastri; questi risultano allora distribuiti nel piano della cava senza alcun ordine.

356. Un esempio di coltivazione per pile poco alte ed ordinatamente disposte, è dato dalla miniera di Stassfurt. A Stassfurt, nel Magdeburgo, si coltiva attivamente quella parte del giacimento di salgemma che contiene cloruro di potassio o carnallite. Tale zona costituisce una specie di strato potente 30 metri ed inclinato di 45° sull'orizzonte. La coltivazione è fatta per vuoti con pile e suole. La fig. 93 rappresenta la sezione verticale, condotta trasversalmente nello strato. Al letto si praticano delle gallerie in direzione di metri 8.50 di altezza e altrettanti di base, sovrapposte l'una all'altra secondo l'inclinazione dello strato e separate da suole di 4 m. di spessore. Analoghe gallerie in direzione, di 2 metri d'altezza, sono praticate ai medesimi livelli al tetto del giacimento. Le coppie di gallerie in direzione ad ogni livello sono poste in comunicazione, mediante serie di gallerie di m. 8.50 di altezza, aperte normalmente alla direzione dello strato, a 6 metri di distanza una dall'altra. Nella figura si osservano le suole di 4 metri rimaste tra un livello e l'altro. La figura, che rappresenta la sezione orizzontale della coltivazione, mostra alla destra la galleria in direzione di m. 8.50 ed a sinistra quella di m. 2, collegate fra loro dalla serie trasversale di gallerie di metri 8.50, che hanno isolati i pilastri di mq. 6 × 20 circa.

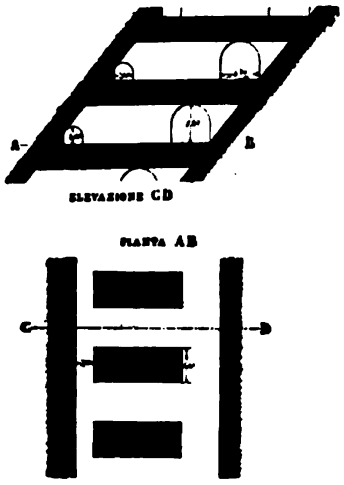


Fig. 93.

357. Quando si deve coltivare per pilastri un ammasso molto sviluppato nel senso verticale, come ad es. uno strato potente raddrizzato, per evitare che le pile assumano altezze pericolose, ed anche per dare maggiore stabilità all'edifizio minerario, si preferisce moltiplicare il tracciamento delle gallerie a diversi livelli, lasciando delle suole, e facendo rigorosamente corrispondere i pilastri ai pilastri, ed i vuoti ai vuoti, mettendo cioè i pilastri sulle stesse verticali.

È questa una condizione indispensabile alla statica dell'edifizio minerario: essa permette di procedere con sicurezza al lavoro. Nelle disordinate coltivazioni per vuoti della Sicilia, accade per es., sovente che i vuoti, irregolarmente distribuiti nella massa di minerale, conducono al crollamento delle solfare.

In alcune coltivazioni per pile e suole sovrapposte, per disporre rigorosamente le pile su comuni verticali, si usa attraversare con sondaggi il minerale, in modo da mettere in sicura e facile relazione i diversi piani di lavorazione. La fig. 94 rappresenta una coltivazione per pile e suole, ottenuta con due serie normali di gallerie tracciate ai vari livelli. Le gallerie aperte nella parte superiore del giacimento sono più ampie di quelle aperte alla parte inferiore, perchè la sezione dei pilastri è di egual resistenza: così anche lo spessore della suola è maggiore in basso che in alto. Una sezione orizzontale, condotta nel giacimento che consideriamo sopra una suola, mostrerebbe nei pilastri la distribuzione della fig. 90.

La parte sotterranea delle miniere di Rio Tinto presenta coltivazioni per pilastri sovrapposti, analoghe a quelle rappresentate in figura. Numerose coltivazioni analoghe, per *archi* e *pasture*, s'incontrano nelle solfare.

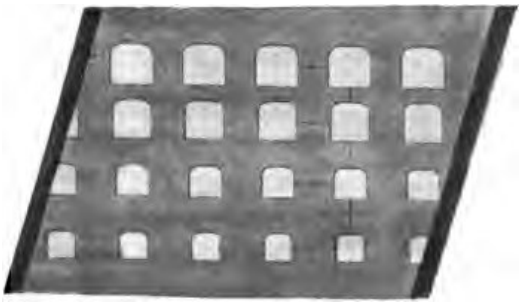


Fig. 94.

358. La coltivazione per vuoti, come noi l'abbiamo finora considerata, presuppone l'estrazione del materiale man mano che esso viene abbattuto: in tal caso il pavimento della camera riesce sempre sgombro, e per facilitare l'ulteriore abbattimento, lo si intaglia sovente a gradinata. — In alcune coltivazioni il materiale abbattuto si lascia invece per un certo tempo nella camera prima di portarlo all'esterno, ed allora ingombra naturalmente lo scavo.

L'abbattimento del materiale in tale caso non può più procedere dall'alto verso il basso come nelle coltivazioni precedenti, e quindi le camere non aumentano più in altezza per l'abbassamento del pavimento: Le camere vengono invece iniziate nel piano più basso che dovrà avere la coltivazione, e si sviluppano in altezza. L'abbattimento del materiale, anzichè effettuarsi sul pavimento della camera, lo si compie in corona allo scavo, che si intaglia sovente a gradini rovesci.

Talvolta l'estrazione del materiale è contemporanea all'abbattimento: La camera prende allora forma allungata orizzontalmente, ed è da una parte intagliata a gradini rovesci per facilitare l'ab-

battimento. Il materiale abbattuto serve a sostenere i minatori addetti all'abbattimento, mentre dalla parte opposta del cantiere, che è in comunicazione con una galleria di traino, giungono i vagoncini pel carico del materiale abbattuto. Durante la coltivazione, si esporta un volume di materiale all'incirca eguale all'aumento di volume che il materiale ha acquistato per il fatto dell'abbattimento: a coltivazione compiuta la camera viene vuotata completamente.

359. Quando in uno strato molto esteso, quale ad es. uno strato di litantrace, la coltivazione è condotta per pilastri, essi non risultano uniformemente sparsi su tutta la superficie del giacimento. È necessario, infatti, per assicurare l'areazione durante il lavoro, e perchè le correnti d'aria non si disperdano in vuoti troppo ampi, o in essi non si immagazzini del grisou, che la coltivazione per pilastri sia limitata in generale a quartieri quadrati o rettangolari di circa 200 m. di lato; questi quartieri sono delimitati da gallerie condotte ad angolo retto, generalmente secondo la direzione e l'inclinazione dello strato, che si proteggono lateralmente con lunghe e sottili pile, intatte, di carbone.

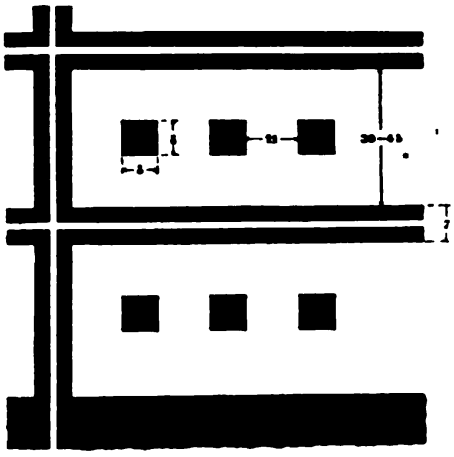


Fig. 95.

Questi ampi quartieri sono poi suddivisi in massicci allungati, ad es. di $30 \div 40$ metri, mediante gallerie in direzione, che sono congiunte, ad intervalli di $20 \div 30$ metri, da altre montanti. Si vengono così a stabilire dei massicci rettangolari che si coltivano a pilastri. Ogni massiccio risulta separato dai limitrofi mediante diaframmi di carbone come è rappresentato nella fig. 95.

Ultimata la coltivazione di un massiccio, lo si isola dai limitrofi, chiudendo le gallerie d'accesso: così si impedisce ogni dispersione di aria, ecc.

Questi sistemi ed analoghi, comportano la perdita di circa $^1/_3$ del materiale utile del giacimento.

Essi sono adottati in alcune regioni carbonifere, come negli strati di antracite di Pensilvania, nello Staffordshire, ecc., perchè l'abbattimento del carbone costa meno che cogli altri sistemi. In

Pensilvania il costo della mano d'opera è elevato, ed in Inghilterra le miniere sono date a locazione, per cui il coltivatore non ha interesse di sfruttare in modo completo il giacimento, non appartenendogli affatto il capitale-miniera. Egli cerca solamente di produrre molto con spesa minima. Ecco perchè questi sistemi di coltivazione, tecnicamente imperfetti, risultano praticamente soddisfacenti nelle speciali condizioni dell'industria in quelle contrade.

360. *Coltivazione per vuoti con franamento del minerale.* — Questi sistemi di coltivazione, che sono oltremodo economici, si incontrano raramente applicati, poichè richiedono che il minerale formi una massa incoerente, franabile, racchiusa in roccie consistenti.

Il metodo di coltivazione è molto semplice: basta arrivare con una galleria nella parte inferiore del giacimento per poter facilmente asportare il minerale. Pel vuoto che si forma, altro minerale, per la franosità che gli è propria, verrà a prender il posto di quello scavato.

In generale s'aprono più attacchi convenientemente distribuiti, in modo che il minerale ad essi facilmente arrivi. Gli operai, rimanendo protetti dalla roccia solida incassante in cui sono aperte le gallerie, scalzano con pale il piede della frana, provocando così l'arrivo del minerale.

In qualche miniera, ove esistevano giacimenti costituiti da una massa caotica, disgregata, che riempiva dei grandi vuoti imbutiformi che si profondavano nel terreno, con gallerie aperte successivamente in ribasso, nella valle laterale, si raggiunsero le masse di minerale, che furono poi coltivate per naturale scoscendimento: a coltivazioni esaurite, rimasero ben visibili i grandi vuoti.

Questo metodo, per frana del materiale utile, rappresenta anche l'infanzia dell'arte in parecchie miniere di carbone, che furono in tal modo compromesse dagli incendi. Esso è assolutamente da proscriversi nelle coltivazioni di combustibili.

Lo scoscendimento sotterraneo è, del resto, sovente applicato nelle miniere per provvedersi di materiale sterile necessario alle ripiene. Si esce, al livello conveniente, fuori del giacimento, dirigendo una galleria verso roccie franose, generalmente schistose; quando le roccie sono incontrate, la galleria più non avanza, imprendendosi la coltivazione per scoscendimento dello schisto destinato alla ripiena.

Coltivazioni di minerale che appartengono a questo sistema sono ad es. quelle di Mechernich e le antiche di Masua (Sardegna).

CAPITOLO X.

Coltivazioni con scoscendimento

Strati di media potenza. — Per ripresa di pilastri - per massicci - per camere - metodo senza tracciamento preliminare.
Strati potenti. — Metodo per camere verticali - Metodo per ripresa - Osservazioni.

Strati di media potenza.

361. Abbiamo accennato ai vantaggi ed agli inconvenienti che presentano in generale le coltivazioni per vuoti. Considerando ora in modo particolare la coltivazione di uno strato per pilastri, sappiamo che essa permette un abbattimento economico, non richiede spese per sostegni e non danneggia la proprietà superficiale, ma che porta all'inconveniente di dover abbandonare sotto forma di pilastri una parte notevole del giacimento, che rimane così improduttiva, anzi, perduta.

Si può rimediare a questo inconveniente, sacrificando parte del valore superficiale del terreno sotto il quale si sviluppa la coltivazione, togliendo i pilastri: il metodo vien detto con *spogliazione dei pilastri,* per *ripresa,* o, come dicono i francesi, *per dépilage.*

Ultimata la coltivazione dello strato per pilastri, la si riprende, assottigliando i pilastri, o dividendoli in due od in quattro se sono di sezione notevole, mediante gallerie ad angolo retto, alte quanto sono alti i pilastri (fig. 96). Questo lavoro si incomincia dall'estremo del quartiere, dirigendosi verso la galleria di base. I pilastri così ridotti di sezione, hanno il solo scopo di sostenere il cielo dello scavo finchè dura il lavoro nel cantiere: effettivamente in seguito, risultando troppo indeboliti, cedono sotto il peso delle formazioni

superiori, le quali invadono il cantiere. Col *dépilage* si aumenta notevolmente la produzione di materiale con poca spesa.

Siccome, nella maggior parte dei casi, non si può attendere che il tracciamento si sia spinto fino al limite del campo minerario, prima di cominciare la seconda fase della coltivazione, che è la più produttiva, così fin dall'inizio della coltivazione, con un primo tracciamento si divide il campo in quartieri, limitandoli mediante barriere lasciate intatte, e poi in ogni quartiere si conduce il tracciato delle gallerie, che intersecandosi mutuamente, determinano i pilastri: questi si prendono infine *battendo in ritirata* verso la galleria principale di traino. — Se i quartieri sono estesi, si può cominciare il *dépilage* quando ancora continua il tracciamento per pile: ma allora si combinano i lavori in guisa di poterli proseguire con completa indipendenza tra loro. Questi metodi sono soventi applicati nelle solfare.

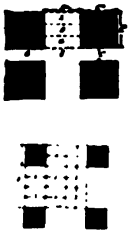


Fig. 96.

Molte volte invece accade che i pilastri, anzichè essere semplicemente assottigliati, sono completamente asportati: è però in questo caso necessario che il tetto dello scavo presenti una certa resistenza, sicchè possa reggersi per qualche tempo e per alcuni metri senza appoggi.

362. Per sicurezza si dispongono quasi sempre dei ritti di legno oppure, se vi è nel cantiere della pietra disponibile, si costruiscono con essa a secco dei pilastri d'appoggio. Questi sostegni hanno carattere assolutamente provvisorio e si possono facilmente togliere, per provocare per piccoli tratti il franamento del cielo dello scavo. Non si può pretendere di condurre una coltivazione estesa per vuoti, sostituendo dei sostegni artificiali alle pile di minerale: le formazioni del tetto dovrebbero avere una solidità stragrande e di più la spesa in legname, per la costruzione dei sostegni, risulterebbe eccessiva; senza contare che, mentre non si avrebbe alcun vantaggio a sostenere il tetto dello scavo dopo esaurita la coltivazione del quartiere, il franamento in massa, che finirebbe per accadere, produrrebbe violenti colpi d'aria: questi potrebbero sollevare polveri, o spostare masse di gas e rendere così pericolosi i cantieri adiacenti in lavoro. Perciò, considerando che la frana grandiosa, che inopinatamente finirebbe per manifestarsi, riuscirebbe molto dannosa ai cantieri in attività, potendo disorganizzarli e forse sorprendere dei minatori, si preferisce sempre far seguire dalla frana passo passo la seconda fase della coltivazione, facendo cioè franare il cantiere man mano che esso

si va esaurendo. Alla grande frana prima considerata, si sostituisce così una serie di piccole frane, che sono provocate a volontà dagli operai, i quali le dominano perchè ne circoscrivono l'ampiezza a lato dei cantieri di lavoro, in modo che esse non abbiano mai da invadere i cantieri stessi.

Naturalmente in pratica le cose non avvengono nel preciso modo che abbiamo detto, e sovente, pel fatto dei franamenti, la sicurezza dei cantieri rimane compromessa, sicchè è giocoforza abbandonarli prima che siano esauriti.

363. **Coltivazione per massicci.** — Questi sistemi di coltivazione sono specialmente applicati agli strati di carbone pianeggianti e di potenza compresa fra un metro e mezzo e tre metri.

I metodi testè accennati, presentano l'inconveniente grave che il carbone dei pilastri, per essere stato affaticato e cioè assoggettato per un certo tempo ad una notevole pressione, coll'ulteriore abbattimento dà del materiale minuto e quindi di piccolo valore. Si rimedia a questo inconveniente, aumentando notevolmente la ampiezza dei pilastri e restringendo la sezione delle gallerie: In queste coltivazioni i pilastri scompaiono completamente per le notevoli dimensioni che assumono; essi si trasformano in *massicci, corti* o *lunghi*, a seconda delle loro dimensioni, onde i nomi di *coltivazioni per massicci brevi o corti,* e *coltivazioni per lunghi massicci* che adopreremo in appresso.

Entrambe queste coltivazioni si distinguono dalle precedenti per il fatto che i massicci non sono nè ritagliati, nè assottigliati, ma sono quasi sempre abbattuti in modo completo, partendo da un lato e dirigendosi verso il lato opposto. Il tetto dello scavo va temporaneamente sostenuto per $4 \div 5$ metri dal fronte di abbattimento, e man mano che questa distanza aumenta, esso è fatto, o lasciato, franare, ritirando prima i legnami di sostegno con catene o con altri mezzi.

364. *Massicci corti.* — Sono sovente applicati agli strati di carbone duro con tetto resistente, specialmente nel Durham, ove pare abbiano avuto origine: sono talvolta adottati anche per minerali di ferro.

Nelle miniere del Durham lo strato da coltivare si raggiunge coi due pozzi coniugati, destinati ad assicurare l'areazione dei lavori; da essi si fanno partire delle gallerie coniugate due a due, le quali, man mano che avanzano, vengono riunite ogni $40 \div 45$ metri mediante traverse lunghe quanta è la distanza che separa le due gallerie e cioè ($9 \div 10$ metri): Tali traverse sono destinate ad

assicurare la circolazione dell'aria: quando nell'avanzare se ne apre una nuova, si chiude la precedente.

Le gallerie doppie partono generalmente dal pozzo e sono condotte secondo la direzione e secondo l'inclinazione dello strato, poichè lieve è la pendenza degli strati carboniferi nella detta Contea. Si divide così il campo della coltivazione in quartieri pressochè rettangolari, di 200 ÷ 300 metri di lato.

Con una serie di gallerie nella direzione del giacimento, larghe da 3 ÷ 5 metri, ed un'altra serie di minor sezione, normale alla

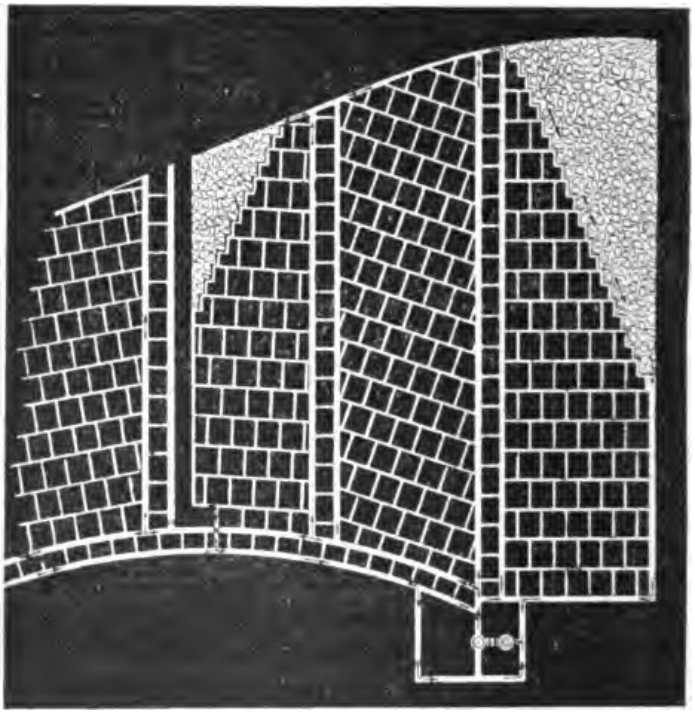


Fig. 97.

prima, si divide il quartiere in massicci di 20 ÷ 40 metri di lato: Sovente queste ultime gallerie non sono continue, ma interrotte da quelle in direzione (v. fig. 97).

Con questo tracciamento il quartiere risulta preparato per un economico abbattimento, che si comincia dalla parte del quartiere che è più lontana dalla galleria principale: ogni massiccio è preso con due o tre piccoli fronti di abbattimento. Il materiale abbattuto viene trasportato lungo la galleria in direzione, e di là è fatto scendere nei vagoncini alla galleria principale di traino che va al pozzo.

Nella fig. 97 è rappresentato precisamente un tale tracciamento per massicci corti: In essa si osservano i due pozzi, che servono alla coltivazione ed al ritorno dell'aria, collegati colle gallerie di traino in direzione, le quali si mostrano curve nella proiezione perchè lo strato non è piano: da tali gallerie principali ne partono altre tre parallele, dirette secondo l'inclinazione dello strato, a limitare quattro quartieri. Questi furono divisi con tracciamenti di gallerie ortogonali in corti massicci: Nella figura si vede che in due quartieri fu cominciato lo spoglio dei massicci, dall'estremo del quartiere verso le gallerie di traino.

Lo spoglio è condotto per tagli successivi, ad es. di 5 m. l'uno. Con una serie di sostegni si mantiene in posto il tetto di un taglio esaurito, e si procede all'abbattimento della striscia limitrofa. Nella fig. 98 è rappresentato in grande scala il dettaglio dell'abbattimento.

Pel trasporto del carbone abbattuto, i vagonetti arrivano fino al fronte di taglio mediante appositi binari, che si vedono in figura.

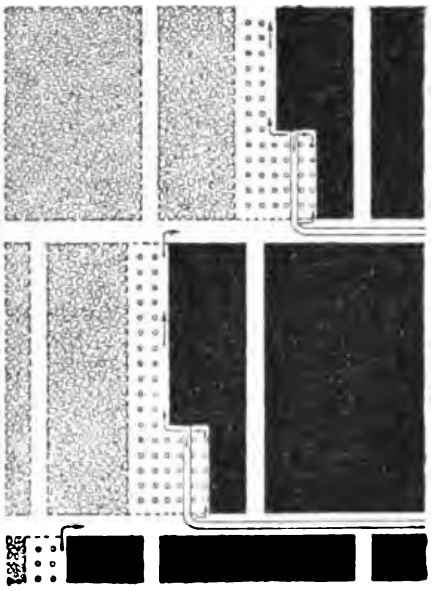


Fig. 98.

Esaurito un taglio e sorretta la corona dello scavo con legnami, s'intraprende il taglio contiguo, mentre poi, ritirando i sostegni di legname, si provoca l'avanzata della frana per la larghezza corrispondente a una striscia.

Buona parte quindi del legname che occorre durante il lavoro per assicurare il tetto, è ripreso a coltivazione ultimata per provocare la frana.

365. *Massicci lunghi.* — Il sistema di coltivazione dianzi accennato, se presenta il vantaggio di preparare il quartiere ad una rapida ed economica coltivazione, comporta però un tracciamento preliminare che di per sè richiede notevole lavoro: Siccome il tracciamento risulta molto più costoso dell'abbattimento, si cercò di limitarlo per quanto possibile, allungando i pilastri a 150 ÷ 200 metri e talvolta anche a 1000 ÷ 1500 metri: si ebbero allora i sistemi

per *lunghi massicci*, largamente usati nelle coltivazioni carbonifere di Saarbrücken, di Westfaglia, nel Lankashire, nel Yorkshire, in Pensilvania, ecc.

La larghezza e la lunghezza dei massicci in queste coltivazioni, come pure la larghezza che si attribuisce alle gallerie del tracciamento, dipendono dalla pendenza del giacimento che si coltiva, dalla sua regolarità e infine dalla natura più o meno resistente delle formazioni del tetto. È evidente che se l'andamento dello strato non è molto regolare, la resistenza del carbone non grande ed il tetto poco solido, sarà necessario limitare la lunghezza dei massicci perchè riescano regolari, aumentandone piuttosto la larghezza, e praticare le gallerie del tracciamento d'ordinaria sezione. — Se, invece, il giacimento presentasi regolare e solido nella massa e nel tetto, si possono sviluppare dei lunghi massicci, tenerli, per maggior intensità di lavoro, relativamente poco larghi, ed abbondare nelle dimensioni delle gallerie del tracciamento. Si hanno così due sistemi di tracciamento dei massicci, in dipendenza delle condizioni degli strati che si devono coltivare: quindi a seconda delle condizioni dei bacini carboniferi, in alcune contrade si sviluppa il sistema con massicci molto lunghi e stretti, in altre quello con massicci piuttosto larghi e poco lunghi.

366. Nell'Inghilterra ed in Westfaglia, dove gli strati si prestano per la loro regolarità alla divisione in massicci molto lunghi, si segue il primo sistema. I quartieri sono generalmente compresi fra due gallerie condotte secondo la pendenza dello strato, distanti più centinaia di metri: si sviluppano quindi in forma di rettangoli, poichè, per la regolarità dello strato, le due gallerie in pendenza risultano pressochè parallele.

Fra queste gallerie in pendenza si apre una serie di gallerie in direzione a congiungerle. Evidentemente il quartiere viene così diviso in una serie di massicci, lunghi quanto la distanza che separa le due gallerie inclinate e larghi quanto è quella che separa le successive gallerie in direzione.

Quest'ultima distanza è solo di qualche decina di metri. Data l'uniforme pendenza dello strato, i diversi quartieri ed i massicci risultano tutti orientati nello stesso modo nel piano della coltivazione.

Le gallerie in direzione, che si distaccano normalmente da quelle inclinate che limitano il quartiere, dopo qualche metro si allargano a $5 \div 8$ metri, restringendo così la larghezza dei massicci a $15 \div 20$ metri, mentre lungo i piedritti delle gallerie incli-

nate rimarranno quindi dei maggiori spessori di carbone a protezione (fig. 99).

Preparato così il tracciamento, che per le larghe gallerie aperte, diede già di per sè una notevole produzione, si intraprende lo spoglio dei massicci.

Trattasi qui di massicci relativamente poco larghi e pertanto si abbattono *in lungo,* spostando il fronte d'abbattimento secondo la direzione dei massicci. S'incomincia quindi ad attraversare sulla metà della lunghezza uno dei massicci che si trovano a monte, e si stabiliscono poscia, lungo i due piedritti di detta traversa, due fronti d'abbattimento, le quali, col procedere del lavoro, naturalmente si distanzieranno, spostandosi verso le gallerie inclinate, limiti del quartiere. Mentre si stabilivano dette due fronti, si attraversava il massiccio immediatamente a valle allo stesso modo del precedente, sulla sua metà, con una rimonta, e pure in esso si stabilivano due fronti d'attacco analoghe alle precedenti. Nella stessa guisa si provvede ad organizzare l'abbattimento dei massicci successivamente a valle.

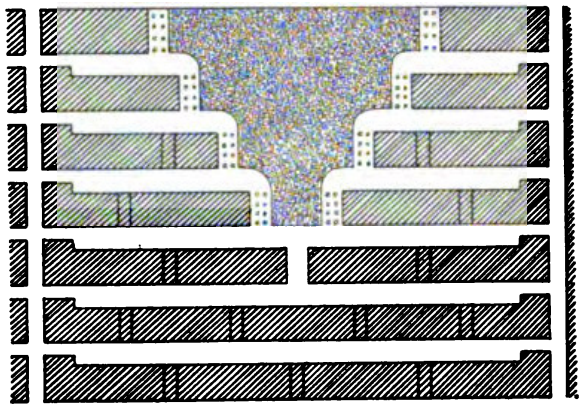


Fig. 99.

I minatori che lavorano all'attacco delle varie fronti, si proteggono al solito modo, col sostenere con ritti la corona dello scavo. Soventi nelle larghe gallerie in direzione si praticano dei muri di sostegno a secco, col pietrame che si ebbe nell'apertura delle gallerie: questi muri danno maggior solidità al cantiere. Man mano che ogni fronte di abbattimento procede verso le gallerie inclinate, i minatori provvedono, ritirando i legnami di sostegno, a provocare la frana del tetto. Questa quindi invade gradatamente il quartiere, come è rappresentato nella figura. Il carbone abbattuto è trasportato lungo le gallerie orizzontali in quelle inclinate, che lo adducono alle gallerie principali che limitano il quartiere verso valle.

Nelle coltivazioni ove si tracciano massicci molto lunghi, si

suole, per facilitare la ventilazione dei cantieri, aprire delle comunicazioni fra le gallerie orizzontali.

Quando gli strati hanno pendenza relativamente forte, si può ancora seguire il metodo testè spiegato, ma le fronti devono essere intagliate a gradini o presentare altre disposizioni atte ad evitare che il materiale della frana cada sui minatori.

367. Il sistema di tracciamento che individua massicci non molto lunghi (100 ÷ 200 m.) e alquanto larghi (30 ÷ 40 m.), è sovente detto francese o *per camere.*

Nel suo andamento generale il tracciato francese è eguale a quello inglese, solo differiscono nei due sistemi le dimensioni dei massicci.

Questi poi, nel metodo di cui ora ci occupiamo, sono spogliati non già facendo procedere le fronti d'abbattimento secondo la direzione, ma bensì secondo l' inclinazione dei massicci, che non è mai però molto forte. Le fronti di abbattimento procedono quindi dalla galleria che limita a valle ogni massiccio a quella a monte.

Il tracciamento delle gallerie orizzontali, che partono dalle due disposte secondo la pendenza dello strato e che limitano il cantiere, si compie come già fu detto: le gallerie orizzontali non sono però allargate, ma mantengono la sezione normale su l'intera lunghezza.

S'incomincia al solito modo ad attaccare il massiccio superiore del quartiere a metà lunghezza, aprendo una prima fronte di abbattimento, che si sposterà, mantenendosi parallela alla galleria fino a raggiungere quella immediatamente a monte che limita il massiccio. Questa fronte può avere 10 ÷ 15 m. di lunghezza se il carbone è solido e soltanto 2-3 metri se è franoso.

Compiuto così il primo attacco se ne inizieranno altri due analoghi, lateralmente, dalla galleria inferiore del massiccio per raggiungere la superiore.

Quando queste due nuove fronti d'abbattimento si saranno annullate per aver raggiunto la galleria superiore, si prenderanno, sempre allo stesso modo, altri due abbattimenti contigui.

Nello stesso mentre si provvederà ad attaccare in modo analogo il massiccio immediatamente inferiore e così via. Dopo un certo tempo le fronti si saranno spostate, e fra esse, opportunamente contenuta da muri a secco, sarà stata accolta la frana.

Molte volte le fronti d'abbattimento non si fanno direttamente nascere a contatto della frana, togliendo le varie striscie consecutivamente, ma si attacca il carbone lasciando un diaframma protettore che poi si prende con abbattimento retrogrado.

Nelle fig. 100 e 101 sono rappresentati due abbattimenti di questo tipo.

In Inghilterra, e nelle miniere di litantrace (non d'antraciti)

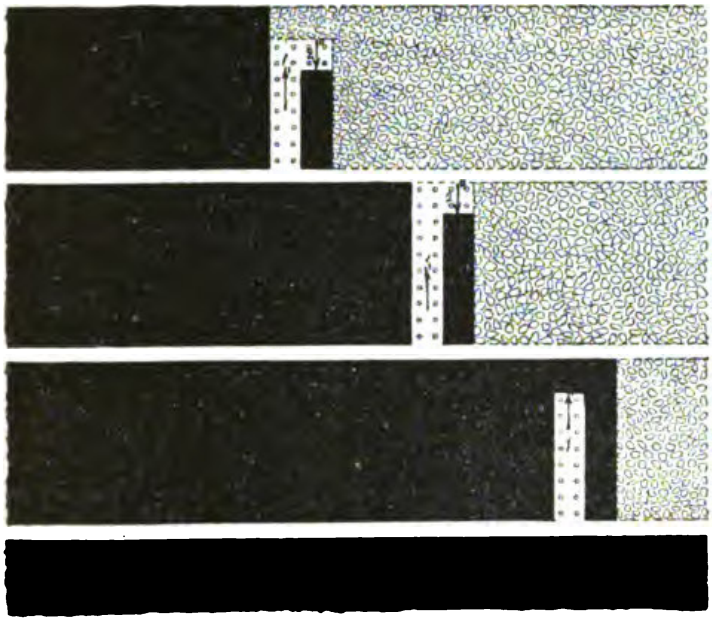


Fig. 100.

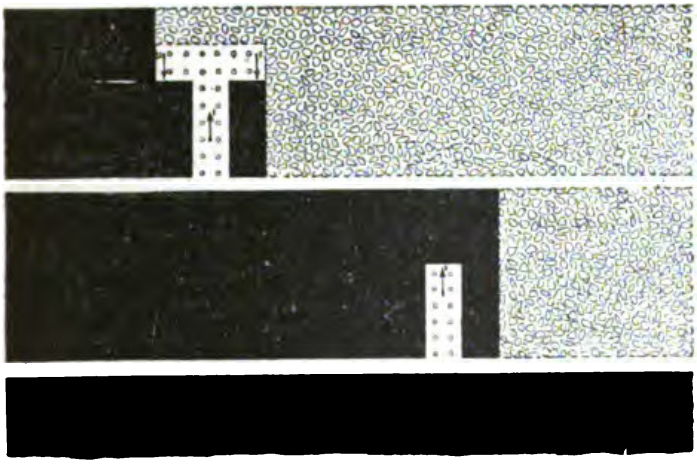


Fig. 101.

della Pensilvania, il tracciamento è fatto colle gallerie gemelle pel ritorno d'aria; mediante gallerie in direzione il quartiere viene dapprima diviso in massicci indefiniti di 80 ÷ 100 metri di lar-

ghezza, e che partono dalla galleria principale della coltivazione: ognuno di detti massicci è poi preso per lunghi pilastri, aprendo delle fronti di abbattimento, larghe 5 ÷ 15 metri secondo la resistenza del tetto, e fra loro distanti 7 ÷ 10 metri.

Tali fronti di abbattimento procedono parallelamente, secondo la linea di massima pendenza dello strato (gli strati ove si applica questo sistema, sono quasi orizzontali) e dànno luogo a tante camere lunghe 80 ÷ 100 metri e larghe 5 ÷ 15 metri, separate da diaframmi o pilastri larghi 7 ÷ 10 metri e lunghi quanto le camere. Nella prima fase della coltivazione l'apertura delle camere è fatta coll'aiuto delle haveuses, nella seconda fase col piccone si prendono rapidamente i pilastri, con fronti larghe quanto i pilastri stessi, e si lascia franare il tetto a qualche metro da queste nuove fronti di abbattimento.

In queste, come in tutte le coltivazioni analoghe per lunghi massicci, ottenuti con l'apertura di lunghe camere o larghe gallerie, si usa tenere ristretta a 2 ÷ 3 metri la larghezza delle gallerie o delle camere all'incontro delle gallerie di traino, in modo da lasciare lungo esse dei massicci protettori, i quali, non essendo abbattuti, evitano che il franamento del tetto della coltivazione si propaghi al cielo delle gallerie.

Nelle coltivazioni di strati poco inclinati, negli Stati Uniti d'America, i lunghi massicci corrono secondo la inclinazione dello strato; in Westfaglia invece, dove gli strati si presentano inclinati, vedemmo che tali massicci sono disposti secondo la direzione dello strato.

Questi metodi di coltivazione sono specialmente applicati quando si coltivano strati senza sterile interposto, che darebbe luogo a del pietrame, ma la potenza degli strati di carbone coltivabili con questi metodi, raramente supera 3 m., riuscendo in tali condizioni difficile di poter prendere in una sol volta lo strato per l'intera sua altezza. — Il metodo descritto comporta una perdita di carbone, dovendosi lasciare delle pile ad assicurare i piani inclinati ecc., perdita che può raggiungere il 25 % del carbone totale. Il carbone delle pile soventi, per la pressione a cui rimase assoggettato, dà luogo ad abbondante materiale minuto.

368. *Coltivazioni longwall.* — In Inghilterra, ove si usa sempre stabilire delle lunghe fronti d'abbattimento, in alcune coltivazioni si costituisce il tracciato, partendo con una serie di gallerie normali ad una galleria principale in direzione. Nella fig. 102 si vede rappresentato in piccola scala tale tracciamento: la galleria

principale, come s'usa in Inghilterra, è doppia e munita di traverse ogni 40 m. Compiuto il tracciamento, si procede allo spoglio dei lunghi massicci individuati, prendendoli dalla parte più alta del quartiere per avvicinarsi alla galleria principale. I diversi fronti di abbattimento, lunghi da 20 a 250 e più metri, comprendono a metà lunghezza una delle gallerie del tracciamento, che serve per la discesa del materiale abbattuto. A pochi metri a monte del fronte d'abbattimento, comincia la frana del tetto, che, in prossimità al fronte stesso, è sorretto mediante legnami. Così man mano che l'abbattimento del carbone s'avvicina alla galleria principale, la frana del tetto scende nel quartiere e distrugge i tratti corrispondenti delle gallerie aperte secondo l'inclinazione dello strato, le quali si mantengono invece vive nel tratto di carbone ancor vergine.

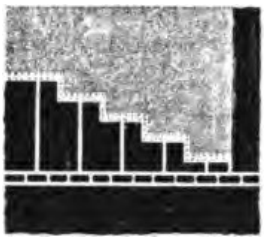


Fig. 102.

369. **Coltivazioni senza tracciamento preliminare.** — In tutti i me-

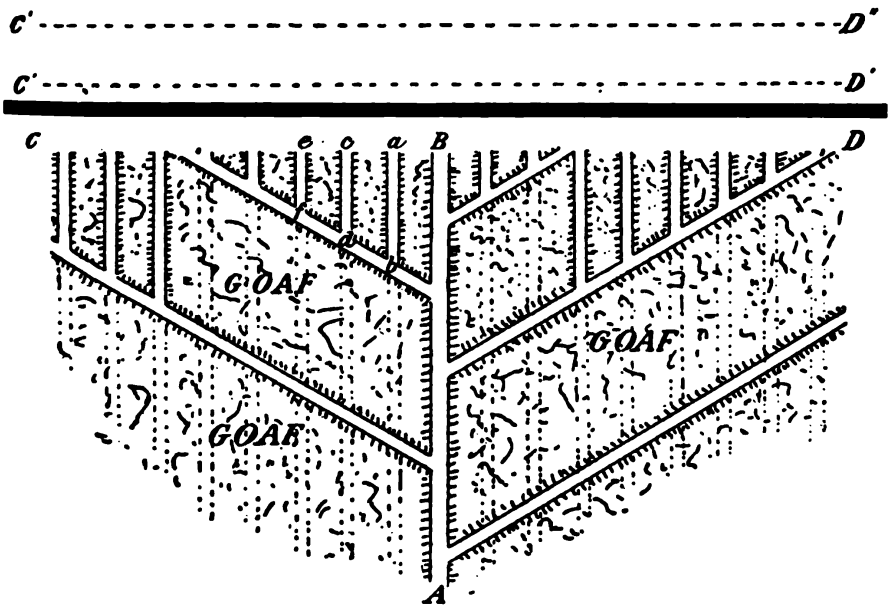


Fig. 103.

todi di coltivazione accennati si deve stabilire da principio un tracciamento di gallerie nello strato da coltivare, prima di aprire i cantieri. Questo lavoro riesce lungo e costoso, e perciò si cerca di svilupparlo il meno possibile. Nell'Inghilterra, ove gli strati di

carbone sono di media potenza, regolari e con formazioni solide al tetto, si giunse in molte coltivazioni a sopprimerlo completamente, sviluppando dei fronti di abbattimento (*Walls*) molto lunghi, donde il nome di *longwall* dato anche a questo metodo.

Le fronti misurano più centinaia di metri di lunghezza, e nella fig. 103 *C D* rappresenta un tratto di detti fronti in abbattimento. Il carbone abbattuto, per mezzo della galleria *B A*, va al pozzo. La corona dello scavo è sostenuta con legnami lungo il fronte di abbattimento per assicurare gli operai, ma man mano che detto fronte si arretra in *C' D'*, *C'' D''* una porzione del tetto dello scavo è lasciata franare, in guisa di mantenere costante la distanza fra il fronte del carbone in posto e la fronte della frana. Nella frana però si salvaguardano delle gallerie *a b*, *c d*, *e*, *f*.... per il trasporto del carbone abbattuto. Quando la lunghezza di queste gallerie diviene eccessiva, per non aumentare le spese di manutenzione, si intersecano con una galleria trasversale per metterle in relazione colla galleria *A B*, e si abbandonano i tratti che riescono superflui. Nel metodo inglese *goaf* è il nome che si dà alla frana.

Strati potenti.

Noi abbiamo finora considerati gli strati di media potenza, di potenza cioè compresa fra 1^m e $2{,}50^m$ circa, nei quali il minerale si abbatte in una sol volta su tutta l'altezza del fronte.

Se la potenza dello strato è alquanto maggiore, l'abbattimento si può praticare dividendo il fronte di taglio in gradini, che saranno diritti o rovesci a seconda della solidità del minerale.

370. *Coltivazioni per camere.* — Trattandosi di strati potenti, i metodi esposti si applicano con alcune varianti: La coltivazione per massicci corti è applicata quando le formazioni del tetto sono assai franose: richiede un tracciamento preliminare al letto per individuare i massicci: in seguito questi si prendono dal basso verso l'alto, generando le camere verticali, nelle quali, a coltivazione compiuta e ad estrazione fatta del materiale abbattuto, si lascierà franare il tetto. Generalmente si abbandona superiormente una piccola suola di minerale per mantenere temporaneamente il cielo della camera. In queste coltivazioni, specialmente adottate per gli strati potenti di lignite a tetto franoso, il lavoro di abbattimento nelle camere si compie in condizioni sfavorevoli per quanto riguarda il rendimento dell'operaio.

Appartengono a questa categoria, ad esempio, le coltivazioni delle miniere di lignite di Brux in Boemia, cui accenniamo:

Gli strati si trovano ad oltre 150 metri di profondità, e sono ricoperti da una potente formazione di argille. Gli strati di lignite misurano soventi $10 \div 15$ metri di spessore: l'andamento è pianeggiante e regolare. La coltivazione si inizia, dividendo lo strato in massicci di 80 metri di lato, mediante una doppia serie di gallerie condotte al muro del giacimento; tali massicci vengono poi, con un altro tracciato ortogonale, suddivisi in altri minori di 13 metri di lato, che noi diremo pilastri.

La coltivazione dei pilastri è poscia fatta per camere di scoscendimento, abbattendo dapprima il materiale, che costituisce la base del pilastro, per l'altezza della galleria, e sostenendo la lignite al tetto con ritti di legname. Così preparato il cantiere, si procede in seguito allo scoscendimento della lignite nella camera, disarmandone per tratti la parte inferiore. La pressione del terreno sovrastante, che può così giocare liberamente, porta lo scoscendimento totale del tetto e delle pareti della camera. La coltivazione consiste quindi nell'estrarre la lignite, che man mano si fa franare, spogliando così la camera completamente. Si isola allora la zona coltivata dalle adiacenti, riempiendo le gallerie d'accesso, per evitare ogni eventualità d'incendio. Il lavoro procede con una certa lentezza, e naturalmente viene condotto contemporaneamente sopra una serie di camere: lo sgombro d'una camera richiede circa tre mesi.

371. Sono analoghe le coltivazioni di lignite di Spoleto: A Spoleto (Perugia) si coltivano, come in S. Giovanni in Val d'Arno (Arezzo), delle ligniti brune o xiloidi. La potenza del banco di Spoleto varia da 5 a 7 metri e l'inclinazione è di $30^0 \div 35^0$. Le faglie sono assai frequenti ed in alcuni punti le coltivazioni si presentano difficili per le argille che costituiscono un tetto rotto e senza resistenza.

La coltivazione è allora condotta per piccole camere parallelepipede, di $3 \div 4$ metri di lato, e che si sviluppano in altezza per l'intera potenza dello strato.

Si compie dapprima al letto dello strato un tracciato di gallerie d'ordinaria sezione, dirette secondo la direzione dello strato e distanti fra di loro 16 metri. Con un secondo tracciato di gallerie ortogonali alle prime e dirette quindi secondo l'inclinazione dello strato, si individuano dei lunghi massicci. Questo tracciato procede tutto nella lignite. A partire da 4 metri dallo spigolo in-

feriore di uno di questi massicci, misurati nella galleria in direzione, si apre un galleriozzo di 1 metro, che monta secondo l'inclinazione dello strato. Si individua così un massiccio secondario di 4×16 metri di base, che poscia si prende con 4 camere contigue di 4×4 metri di base ciascuna. La prima camera che si pone in coltivazione, è quella più a monte del massiccio. La lignite si abbatte dal basso verso l'alto per altezze successive di $0.50 \div 0.80$ metri; l'operaio si sostiene sul materiale abbattuto e salvaguarda una comunicazione verticale col galleriozzo. Abbattuta la lignite per l'altezza dello strato, il tetto frana a riempire la camera. L'abbattimento allora si intraprende, allo stesso modo, nella camera contigua del massiccio, e man mano che l'abbattaggio in corona si eleva, il materiale franato della camera limitrofa, penetrando nella camera in escavo, serve a costituire il piano sul quale posa l'operaio intento all'abbattaggio in corona. Egli si protegge per quanto è necessario dalla frana con tavole, e mantiene la comunicazione col galleriozzo per l'invio della lignite abbattuta e per la propria sicurezza. Abbattuta la lignite fino al tetto dello strato, avviene la frana nella seconda camera: si intraprende allora, allo stesso modo, la coltivazione dell'altra camera più a valle e infine della 4ª. La coltivazione si conduce in più massicci di 4×16 contemporaneamente, in modo però che si esauriscano prima i massicci più lontani del quartiere in coltivazione. La frana quindi progredirà ordinatamente da un estremo verso l'altro del lungo massiccio avente 16 metri di larghezza.

372. *Coltivazioni per ripresa.* — Quando la potenza dello strato è di $5 \div 6$ m. l'abbattimento del carbone si compie in due riprese secondo l'altezza. Si fa quindi l'operazione, che i francesi chiamano *rabattage* e che noi diremo *ripresa.*

Nella fig. 104 si osserva la proiezione orizzontale di uno strato di carbone in coltivazione. Lo strato è percorso da due gallerie *A A* in direzione: fra esse si prendono successivamente dei fronti di abbattimento, montando dalla galleria inferiore verso quella superiore. La lunghezza della fronte, o taglio, indicata da *T*, è in generale $8 \div 10$ m. Le figure 105 e 106 mostrano due sezioni verticali dello strato in due fasi successive della coltivazione.

Nella fig. 105 si vede completo il taglio praticato al letto dello strato di cui sopra si fece cenno. Il taglio fu praticato per 2 m. d'altezza, e il carbone superiore è sostenuto mediante la serie di ritti in legname che si vede anche in planimetria. Rimane allora da prendere la parte superiore *C C* dello strato di carbone. Si

comincia la *ripresa*, procedendo nell'abbattimento in senso inverso

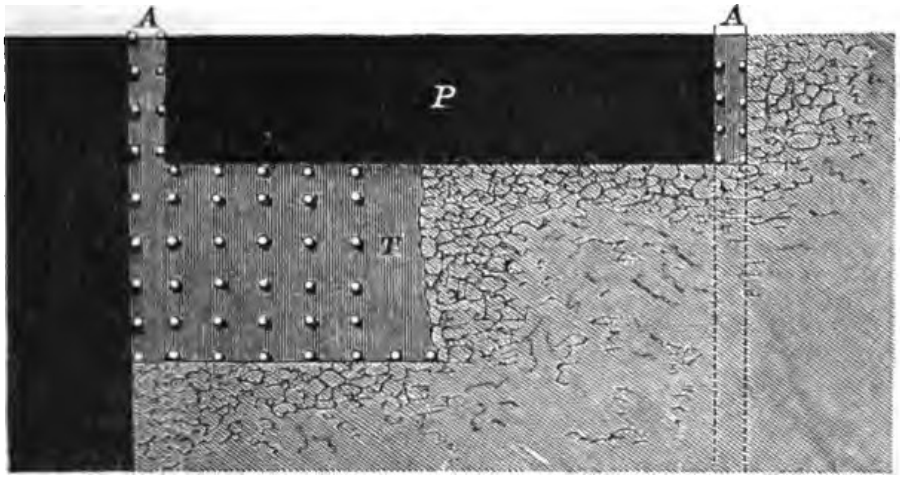


Fig. 104.

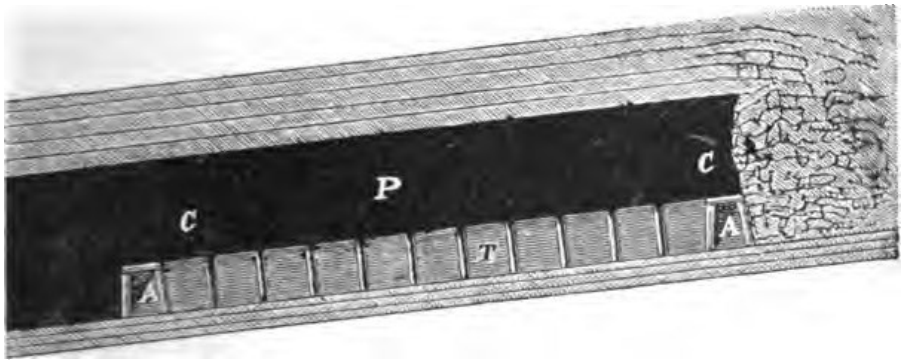


Fig. 105.

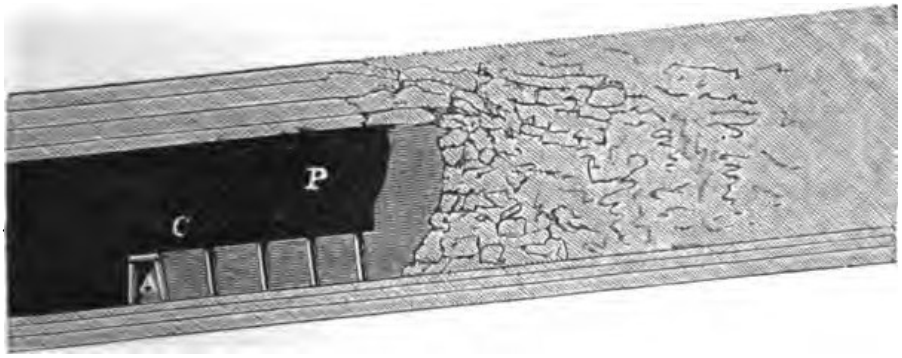


Fig. 106.

all'abbattimento prima eseguito, partendo cioè dalla galleria *A*

superiore e dirigendosi verso l'inferiore. Il carbone è facilmente abbattuto in corona per tutta la sua potenza. La fig. 106 mostra la ripresa giunta a buon punto: rimane ancora del massiccio *P* preesistente il tratto *C P*, mentre quello *P C* fu già abbattuto. Naturalmente nella ripresa si cerca di ricuperare il legname che sosteneva il massiccio *G P G*. Occorre, per adottare tale metodo di coltivazione, che il tetto sia resistente, in modo da mantenersi qualche tempo prima di scoscendere, affinchè gli operai possano con sicurezza lavorare alla ripresa dell'abbattimento: occorre inoltre che il carbone sia di qualità dura e nettamente separato dalle roccie del tetto. Nelle figure si vede come la frana del tetto segue la fronte di ripresa. Coltivato il massiccio *T* (fig. 104) s'intraprende la coltivazione del limitrofo *P*. Questo metodo, quando è applicabile, riesce molto fruttuoso, poichè, evidentemente, l'abbattimento della maggior porzione dello strato scalzato al piede, riesce assai economico.

373. In alcuni casi, quando cioè si dispone di lunghi legnami come nell'Alta Slesia, la coltivazione dei massicci è condotta direttamente per l'intera potenza dello strato.

La fig. 107 rappresenta una coltivazione applicata ad uno strato di carbone poco inclinato, di 8 metri di potenza.

Mediante una serie di gallerie in direzione, che saranno collegate, ad es., per mezzo di un piano inclinato, o di una traversa a mezza pendenza, ad una delle gallerie principali, si divide il quartiere in lunghi massicci, larghi 15 metri nel senso della inclinazione dello strato. Nella figura sono rappresentati tre di cotesti massicci. Le relative gallerie in direzione di 2.50×2, armate di binario, sono destinate ad accorciarsi sempre più coll'avanzarsi delle coltivazioni verso il piano inclinato, nella nostra figura non visibile, ma si trova a sinistra. I lunghi massicci così individuati sono poi divisi mediante ordinarie traverse di 2×2, che servono unicamente per comunicazione e ventilazione, in massicci elementari di 27 metri di lunghezza. Queste traverse *(Durchhieb)* non sono disposte nei massicci in corrispondenza delle medesime linee d'inclinazione del piano dello strato, ma riescono spostate l'una rispetto all'altra di circa 8 metri.

Così condotto il tracciamento ad individuare una serie di lunghi massicci di 27×15 m., si procede all'abbattimento del carbone, iniziando i lavori nei massicci a monte. Come si vede in figura, ognuna di queste coltivazioni viene limitata a destra da una stecconata di robusti legnami *(Orgelstempel)*, che sostiene lateral-

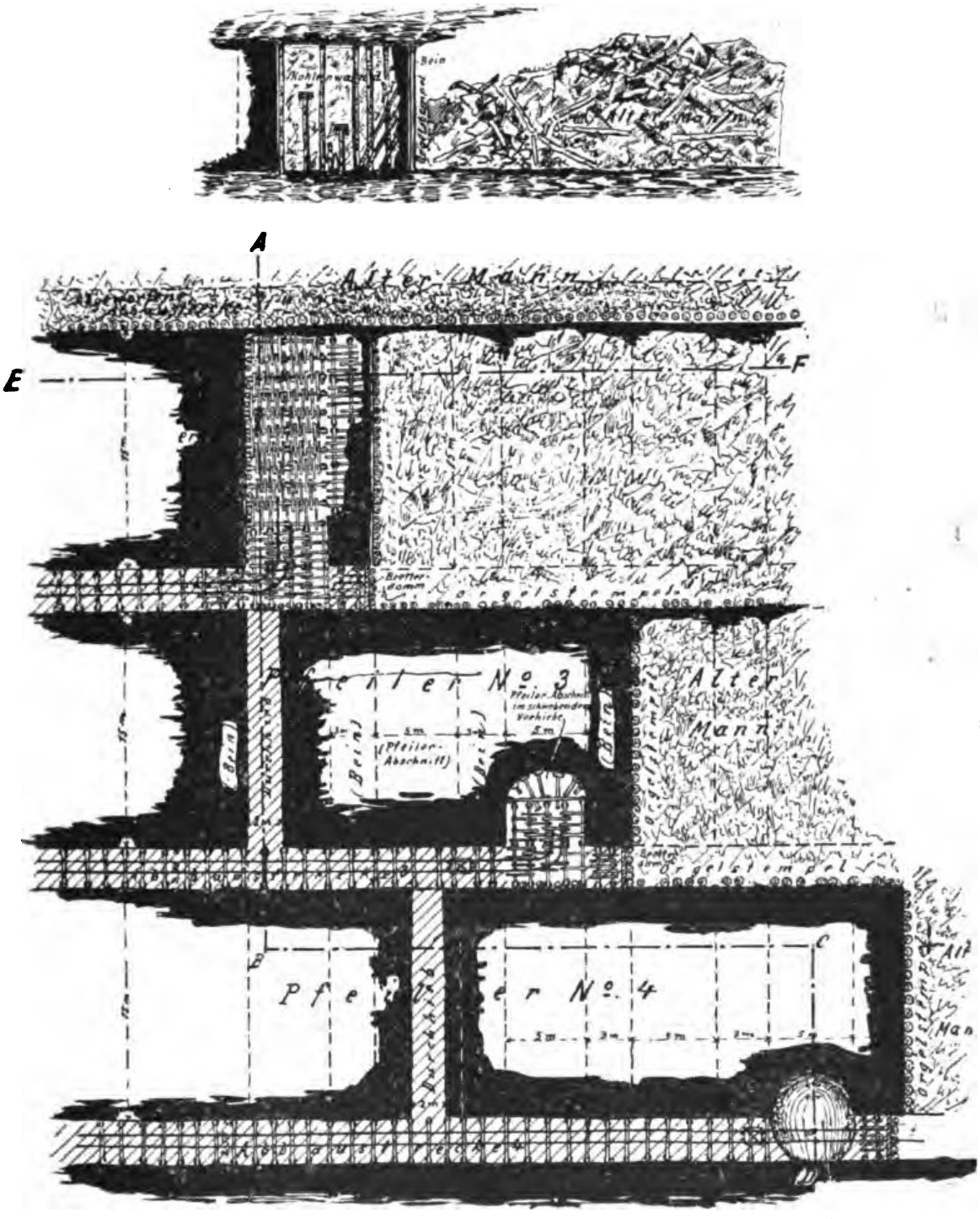

A
E
F
B
C
Alter Mann
Pfeiler No. 3
Pfeiler No. 4
Bein
(Pfeiler-Abschnitt)
5 m

Fig. 107.

mente la frana *(Altermann)*. Le coltivazioni procedono contemporaneamente nei vari massicci *(Pfeiler)*: In figura, queste tre coltivazioni sono rappresentate in tempi diversi: nel massiccio n.° 4 è indicato l'inizio della coltivazione, quale fu condotto pure negli altri massicci, a 3 metri dall'estremo del massiccio. L'abbattimento del carbone interessa tutta l'altezza dello strato. Nel massiccio n.° 3 l'abbattimento si è avanzato: esso ha 5 metri di larghezza e viene a costituire una camera, la quale, partendo dalla galleria a valle del massiccio, arriverà a quella a monte, dopo una traversata di 15 metri. Fra questa camera e la frana rimane quindi un diaframma di protezione *(Bein)* di 3 metri di larghezza. Quando la camera ha attraversato il massiccio, si prende in ritirata il diaframma di carbone, abbattendolo, come si vede rappresentato nel massiccio n.° 2. Intanto, lungo la parete della camera che si trova verso il carbone, si costruisce una robusta stecconata, mentre, togliendo parte del legname messo prima a sostegno, si provoca la frana del tetto nella camera così esaurita.

Con questo sistema, adunque, il carbone dei massicci si prende successivamente per camere di 5 metri di larghezza, lasciando dei diaframmi di 3 metri, che si prendono nella seconda fase dell'abbattimento.

Nella sezione verticale EE superiore è indicato il modo di sostegno del tetto della camera, ed il modo di lavorare dei minatori all'abbattimento del diaframma di carbone, mantenendosi sopra scale.

Naturalmente con questo sistema di coltivazione molto legname si perde, perchè resta travolto dalla frana.

374. *Osservazioni.* — Come abbiamo già detto sulla fine del capitolo precedente, in tutte queste coltivazioni per scoscendimento del tetto è necessario dominare la frana sistematicamente, provocandola man mano per brevi tratti.

L'ampiezza della frana dipende dalla solidità della corona dello scavo.

Noi abbiamo infatti veduto che nella coltivazione delle ligniti franose, la frana si limita a pochi metri quadrati, mentre, invece, nelle miniere di litantrace inglesi essa può avere più centinaia di metri d'estensione.

Nell'applicazione poi dei metodi di coltivazione per frana, si deve avere, per alcuni minerali, particolare riguardo alla possibilità di incendi: Già al n.° 324 accennammo agli incendi che nacquero nelle miniere di carbone, ora menzioniamo che anche da noi,

nelle miniere di lignite, ma più frequentemente nelle solfare, accaddero incendi per cause dinamiche. Nella coltivazione quindi di strati di qualche potenza di minerali infiammabili, si impongono i metodi per trancie, di cui parleremo al cap. 12°, come quelli che evitano il crollamento del minerale da notevoli altezze.

Quando però si creano vuoti troppo ampi, avvengono talvolta dei pericolosi movimenti in massa, e cioè, o cade il tetto dello scavo sopra una larga superficie e la frana giunge fino alle fronti di taglio, disorganizzandole e chiudendo per qualche tratto l'estremo delle gallerie, oppure si solleva sopra grande estensione il letto per la pressione trasmessa dalle pile. In questi ultimi casi il suolo si rompe più o meno regolarmente lungo le fronti di abbattimento e le rotture si ramificano nelle gallerie. Questi sollevamenti della suola delle coltivazioni, accadono per es. soventi nel Yorkshire.

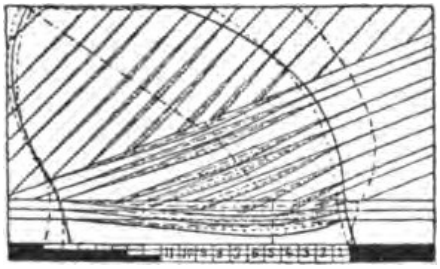


Fig. 108.

Fortunatamente tutti questi fenomeni, che i minatori chiamano per la loro natura *uragani*, sono preceduti da violenti rumori sotterranei, da mugolii e dallo scricchiolio caratteristico dei legnami di sostegno, che riescono troppo gravati per le mutate condizioni d'equilibrio. I minatori avvertiti da quei segnali precursori che « l'uragano è prossimo a scoppiare » riparano nelle gallerie aperte nella formazione solida.

375. I movimenti del terreno si propagano per effetto degli scoscendimenti fino ad una certa altezza sopra lo strato coltivato, secondo una superficie parabolica. Per quanto sarebbe interessante in molte circostanze poter determinare gli elementi di tali superfici in relazione all'area scavata, allo scopo di poter garantire dai movimenti del suolo gli edifici eretti alla superficie, od anche le costruzioni minerarie che eventualmente si trovano al tetto dello strato che si coltiva, pure non v'ha norma alcuna al riguardo. Quanto si conosce in argomento fu desunto da esperienze, nelle quali si riprodussero in casse di vetro, in piccola scala, i grandi scoscendimenti che si provocano colle coltivazioni.

Si può dire, in tesi generale, che il paraboloide di frana ha per direttrice la base dello scavo e che si sviluppa con asse normale al piano degli strati interessati dal movimento. La fig. 108

mostra il risultato di una riproduzione artificiale di scoscendimento. In basso si vede lo strato parzialmente coltivato e come la campana della frana si modifica col variare della successione degli strati.

In generale, quando si tratta di lasciare in miniera un massiccio di protezione intatto, si precisa la zona protetta, determinando l'intersezione, colla superficie del suolo, di un cilindro che ha le generatrici normali al piano della stratificazione e per direttrice il contorno del massiccio di protezione.

Possiamo qui notare che colle coltivazioni con riempimento, delle quali ci occuperemo nel capitolo seguente, gli inconvenienti, dovuti al rassodamento del materiale di colmatura dei vuoti, sono notevolmente attenuati, ma non eliminati completamente. Accade, infatti, che dopo un certo tempo le *ripiene* si costipano a loro volta, dando origine così ad un ulteriore fenomeno di scoscendimento, simile a quello che abbiamo già considerato, che guadagna man mano la superficie del suolo.

Mentre però i dislocamenti superficiali del terreno, dovuti alle coltivazioni con scoscendimento, sono notevoli ed irregolari, quelli prodotti dal costipamento delle ripiene si presentano come avallamenti uniformi sopra larghe estensioni, e mostrano rotture solo in corrispondenza ai limiti delle coltivazioni sotterranee.

CAPITOLO XI.

Coltivazioni con ripiena

Generalità. — Coltivazione degli strati sottili - tagli - Strati di media potenza - metodi misti a ripiene incomplete - strati raddrizzati.
Filoni. — Metodi a gradini diritti e rovesci.

Generalità.

376. Nelle coltivazioni, cui al capitolo precedente, il riempimento dei vuoti creati colle coltivazioni è ottenuto facendo franare le formazioni del tetto. La frana si propaga in altezza fino a che l'aumento di volume acquistato dal materiale franato è eguale al vuoto da riempire. Riempito colla frana il vuoto, non si è creato però un sistema in equilibrio stabile, poichè il materiale di riempimento subisce in seguito un costipamento, che crea dei nuovi vuoti superiori, per cui sovente la frana man mano si propaga a tetto fino ad interessare la superficie. La proprietà superficiale subisce allora, pel fatto delle coltivazioni sotterranee, un notevole deprezzamento.

Inoltre, come già si disse, le coltivazioni condotte con franamento del cielo degli scavi, permettono solo il parziale sfruttamento del giacimento; nelle miniere di carbone la parte utilizzata è solo un terzo o un quarto della massa totale del giacimento. A questi inconvenienti altri se ne aggiungono, e così il lavoro d'abbattimento si svolge in condizioni non perfettamente sicure, e gli infortuni gravano sensibilmente il bilancio della miniera. Il consumo di legname è generalmente notevole, e relativamente forti sono le spese di sorveglianza. Di più, essendo le frane costituite per loro natura da masse permeabili, in esse si disperde una parte

dell'aria convogliata in miniera, sicchè maggior spesa di lavoro grava sull'albero dei ventilatori.

Devesi poi notare che nei meati delle frane si accumula il *grisou*, che uscendo, per variazioni della pressione barometrica o per altre cause, dalla frana, può invadere i cantieri della miniera e provocare sinistri.

Per tutti questi motivi i metodi di coltivazione che provvedono alla colmatura dei vuoti senza provocare frane, disponendo cioè nei vuoti del materiale di riempimento, costituiscono soluzioni tecnicamente raccomandabili del problema della coltivazione, e, se non fosse che questi metodi riescono assai più costosi dei precedenti, essi sarebbero sempre, in ogni caso, da preferirsi.

377. Il materiale destinato alla colmatura dei vuoti, o come si dice *la ripiena*, nasce a piè d'opera nel cantiere, oppure è in esso importato o da altri cantieri sotterranei o dall'esterno, nel quale caso è costituito da materiale scavato all'esterno da cave all'uopo aperte, oppure da residui sterili della preparazione meccanica dei minerali, da scorie di forni, ecc.

Il materiale di ripiena che serve nella coltivazione degli strati sottili, è sempre ottenuto a piè d'opera nell'abbattimento del minerale: se invece la coltivazione interessa strati di potenza maggiore di un metro, è soventi necessario trasportare la ripiena nel cantiere. Quando le coltivazioni si sviluppano a profondità non molto grandi dalla superficie, non v'ha difficoltà a prendere del materiale sterile, ottenuto da cave superficiali, e convogliarlo nella miniera: Sovente si introduce la ripiena nei cantieri sotterranei mediante fornelli di getto, che si aprono alla superficie e che sono inferiormente in comunicazione colle vie di traino che vanno ai cantieri. — Quando la profondità delle coltivazioni è rilevante e non si possono utilizzare pozzi o fornelli di getto per la discesa del materiale di ripiena, si ricorre al pozzo principale ed alla macchina d'estrazione, abbassando i vagonetti di ritorno, anzichè vuoti, colmi del materiale da ripiena. Nelle coltivazioni di carbone, siccome in generale occorre un peso di materiale di ripiena circa eguale al peso del carbone estratto, compiendo contemporaneamente l'estrazione del carbone e l'abbassamento della ripiena, si ottiene una notevole regolazione nel lavoro: è consigliabile in tali casi adottare il sistema Koepe cui accenneremo più avanti.

In molte miniere di carbone esistono pozzi speciali per le ripiene, dotati di macchine che servono principalmente per annullare l'accelerazione di discesa del materiale. Si ricorre al contro-

vapore, oppure si adattano dei freni a resistenza liquida, oppure, talvolta, si utilizza il lavoro della discesa della ripiena per sollevare acqua, muovere dei compressori, ecc.

378. Da qualche anno si diffonde nelle miniere di carbone di alcune contrade, e principalmente nella Slesia, nella Vestfaglia e nei paesi Renani, il sistema di ripiena con fango, servendosi cioè di condotte forzate per convogliare nei vuoti da riempire, mediante dell'acqua, il materiale destinato a costituire il riempimento.

Questo sistema è detto impropriamente ***riempimento idraulico.*** Delle tramoggie collocate a giorno, ricevono il materiale incoerente destinato alle ripiene: talvolta una semplice lamiera perforata disposta con una certa inclinazione nella tramoggia, e che fa capo ad una apertura praticata nella parte opposta della tramoggia stessa, serve ad eliminare gli elementi grossolani, inadatti a costituire il fango liquido che occorre per il riempimento. Il materiale fino si mescola coll'acqua che sgorga sotto pressione da un'apertura anulare posta alla base della tramoggia, in modo che il miscuglio risulta ben omogeneo e liquido, con una spesa relativamente non forte di acqua, condizione questa importante, perchè l'acqua si dovrà poi estrarre dalla miniera per mezzo di pompe se non esistono gallerie di scolo.

Il fango così ottenuto, è avviato per tubazioni di acciaio, di ferro o di ghisa, di circa m. 0.15 di diametro ai punti d'impiego. Per mantenerne costante la velocità lungo il percorso, tratto tratto sono intercalati nella tubazione dei getti di acqua viva sotto forte pressione, che imprimono la velocità conveniente alla corrente fangosa nel tubo. Così pure, immettendo dell'acqua sotto pressione, si vincono le resistenze che offrono le piegature ad angolo retto della condotta. I particolari di queste installazioni sono numerosi e ben studiati: di essi naturalmente non possiamo qui dare dettaglio. La Società *Vestfaglia* di Gelsenkirchen si è particolarmente occupata di perfezionare questo materiale.

Il sistema di riempimento idraulico si presta particolarmente bene nelle coltivazioni per tagli montanti di strati poco inclinati, o per tagli in direzione. La condotta del fango percorre una galleria in direzione od è disposta nel piano inclinato, e da essa si dipartono le varie tubazioni che fanno capo ai cantieri. Le gallerie lasciate nelle coltivazioni sono protette dal fango da barriere di tavole di legno, talvolta rivestite di tele, che trattengono il materiale solido mentre lasciano filtrare l'acqua che l'ha condotto. Naturalmente, con questo sistema il riempimento non può seguire da

vicino il fronte di abbattimento: esso, infatti, si trova quasi sempre distante circa 15 metri, e si completa solo per tratti, spostando le barriere filtranti o costruendone delle nuove.

Il materiale così depositato forma un eccellente riempimento che si costipa in seguito assai poco.

I riempimenti idraulici, sistematicamente condotti nelle miniere di carbone, costituiscono un progresso relativamente recente della tecnica mineraria. Le condutture di fanghi sono lunghe qualche chilometro e giungono dall'esterno fino ai cantieri d'abbattimento, percorrendo pozzi e gallerie, e diramandosi dove è necessario. Delle saracinesche, intercalate opportunamente lungo le condotte, permettono di dirigere la corrente fangosa nei cantieri che si devono colmare.

Questi sistemi di ripiena nacquero in Slesia per la facilità che colà si aveva di provvedere le sabbie, essendone la regione ricoperta. In alcune miniere l'abbattaggio delle sabbie per ripiena si compie con getti d'acqua: così esse sono direttamente convogliate dall'acqua nelle tramoggie. Queste ripiene offrono il vantaggio, nelle miniere con grisou di essere impermeabili ai gas: esse quindi sotto questo aspetto sono da preferirsi alle ordinarie ripiene frammentizie. Quando non vi sono sabbie, s'adroprano argille o scorie. Nella Pensilvania questi metodi servirono anche per riprendere i lunghi pilastri che erano stati lasciati nelle miniere d'antracite.

È noto, del resto, che molte frane dovute a spaccature dei terreni, si arrestano, convogliando appunto nelle fenditure delle acque limacciose o dei fanghi, a costituire dei riempimenti molto resistenti.

379. Non sempre è necessario ricorrere a cave superficiali per avere il materiale da ripiena, potendosi aprire sovente, pei bisogni del riempimento, delle cave di prestito sotterranee, abbattendo o provocando il franamento di strati poco resistenti, che si trovano in prossimità alle coltivazioni. Il materiale così abbattuto, caricato sui vagoncini, è trasportato nelle coltivazioni per formare le ripiene.

Il materiale da ripiena deve ben costiparsi nel sotterraneo: nelle coltivazioni di carbone tale proprietà è importante, perchè solo col costipamento della ripiena si impedisce che l'aria si disperda attraverso essa, o che in essa si annidi del grisou, per spostarsi poi in massa per cause accidentali e dar luogo a disastri. Le ripiene argillose, benchè subiscano forti costipamenti e non siano per tal verso raccomandabili, tuttavia presentano il vantaggio

di essere impermeabili ai gas e all'acqua. Per questo motivo, quando occorre creare delle divisioni capaci di trattenere l'acqua o l'aria, si intercalano degli strati di argilla battuta nelle ordinarie ripiene. Le ripiene destinate a miniere di litantraci infiammabili devono essere spoglie di piriti o di schisti carboniosi, che potrebbero per ossidazione provocare incendi. In generale poi si devono scartare come ripiena i materiali che contengono sostanze organiche che possono dar luogo a sviluppi di gas, ecc. Ottimi materiali per ripiena sono gli sterili prodotti dagli opifici di preparazione meccanica dei minerali, le scorie dei forni fusori, ecc.

Strati sottili. — I sistemi con ripiena sono adottati naturalmente in tutti i casi in cui è necessario abbattere col minerale del materiale sterile. Questo materiale serve per riempire i vuoti della coltivazione e quindi lo si abbandona a piè d'opera nello stesso cantiere sotterraneo: Per tal modo si evita l'inutile spesa di trasportarlo alla superficie, mentre che, riempiendo i vuoti, esso consolida l'edificio minerario. In queste condizioni il lavoro si rende evidentemente economico e sicuro, e la coltivazione si sviluppa in modo completo, non presentandosi la necessità di abbandonare del minerale per assicurare la stabilità nel cantiere.

La coltivazione con ripiena si presenta quindi naturale negli strati poco potenti, nei quali è necessario abbattere col minerale anche della roccia sterile del letto o del tetto, per aprire le necessarie comunicazioni. È evidente che se lo strato utile ha potenza ristretta ad uno o due decimetri, non si può coltivarlo senza aprire un vuoto di almeno $60 \div 80$ centimetri di altezza, nel quale cioè possa lavorare il minatore coricato sopra un fianco. La quantità di materiale sterile, che verrà in tal caso abbattuta, sarà eccessiva per rispetto ai vuoti creati, e sarà quindi mestieri portarne alla superficie.

La coltivazione si svolgerà, evidentemente, nelle migliori condizioni economiche quando tutto il materiale sterile abbattuto troverà collocamento nel sotterraneo.

380. **Tagli.** — Nella coltivazione degli strati relativamente sottili non solo si ha materiale sterile dagli abbattimenti, ma ne nasce pure una quantità rilevante per l'apertura delle gallerie, che devono intersecare il quartiere in coltivazione per rendere possibile l'accesso ai cantieri e la circolazione del materiale utile scavato.

Quindi è preoccupazione del coltivatore, in questi casi, di ben proporzionare i cantieri in modo che essi possano contenere completamente il materiale sterile scavato.

Supponiamo di dover coltivare uno strato di minerale di m. 0,70 di potenza. La galleria dovrà avere almeno m. 1,70 di altezza; ne segue che, collocando il cielo della galleria al tetto dello strato, si dovrà abbattere (avendo la suola della galleria una larghezza eguale all'altezza) alla base m.^{2} 1,70 di sterile per metro corrente di galleria. Supponendo un aumento di volume della roccia quadruplo pel fatto dell'abbattimento, per ogni metro corrente di galleria aperta, si dovranno collocare m.^{2} 6,80 di pietrame: lateralmente alla galleria si dovranno spingere delle coltivazioni per l'altezza (di 0,70) dello strato, di mq. $\frac{6,80}{0,70} = $ m.^{2} 9,80 per ogni metro corrente di galleria: ossia sarà necessario accompagnare la galleria con un fronte d'abbattimento, normale alla galleria stessa, di circa 10 metri di lunghezza, per creare il posto necessario al collocamento del pietrame.

Volendosi coltivare lo strato di cui si parla, sarà necessario aprire una serie di fronti di taglio di ampiezza non minore di 10 metri, separati dalle gallerie che debbono servire alla circolazione degli operai e del minerale. Tali fronti di taglio si potranno disporre secondo la direzione dello strato o secondo la sua inclinazione; evidentemente le gallerie nel primo caso seguiranno l'inclinazione dello strato e saranno in comunicazione a valle con una galleria orizzontale, e cioè in direzione, che servirà pel traino; nel secondo caso invece le gallerie correranno orizzontalmente e si troveranno collegate con una galleria disposta secondo l'inclinazione dello strato.

381. Noi siamo così condotti a considerare i due metodi principali di coltivazione degli strati sottili, noti col nome di metodi a *tagli montanti* ed a *tagli in direzione*.— In numerosi casi le gallerie devono avere un'inclinazione minore della pendenza dello strato: i tagli sono allora disposti obliquamente alla direzione dello strato.

Se supponiamo di tracciare nello strato una galleria di base in direzione, oppure secondo l'inclinazione dello strato, potremo stabilire lungo uno dei piedritti una serie di fronti di taglio, disponendo i minatori, se si tratta di carbone, a 2 ÷ 3 m. ad esempio l'uno dall'altro. Ogni 10-20 metri, a seconda della quantità di sterile che si ottiene, si apriranno le gallerie normali a quella di base, che limiteranno i tagli. I minatori lavoreranno coricati lungo le fronti di taglio ad abbattere carbone, e collocheranno dietro essi il materiale sterile che proviene sia dall'abbattimento del carbone come dall'apertura delle gallerie, le quali avranno l'altezza nor-

male. Fra la fronte di abbattimento ed il riempimento correrà un breve spazio, necessario pel lavoro e per convogliare il minerale abbattuto alle gallerie in pendenza, che sono in comunicazione colla galleria orizzontale di base.

Evidentemente, lavorando tutti gli operai all'abbattimento colla stessa lena, le fronti di taglio si manterranno sopra una stessa linea, parallela alla galleria di base da cui partirono, e formeranno una sola estesa fronte di taglio.

Questa disposizione però raramente s'incontra nella pratica, perchè dà luogo a gravi inconvenienti se nel tetto esistono fratture. Si preferisce invece far nascere successivamente le fronti di taglio una dopo l'altra, di limitata lunghezza, in modo che il fronte complessivo si sviluppi a gradinata: in questa guisa il tetto dà luogo a minori sorprese, perchè le rientranze non permettono alle fratture di portarsi sopra estensioni troppo grandi. La larghezza delle fronti elementari diminuisce quindi col diminuire della solidità del tetto. Talvolta nella parte mediana d'ogni taglio s'avanza lo scavo di qualche metro a riconoscere l'eventuale esistenza di fenditure nel tetto per prevenire gl'improvvisi distacchi di lastre. La lunghezza delle fronti di taglio elementari varia da $6 \div 7$ metri a $150 \div 200$ m. secondo la resistenza del tetto. Naturalmente per la facilità dell'abbattimento convengono le fronti di taglio estese: in esse è possibile ben sviluppare l'avaggio, si ottiene maggior rendimento dall'operaio e più facile è la sorveglianza del lavoro.

382. Circa la direzione delle fronti di taglio, oltrechè alla inclinazione dello strato, si deve aver riguardo ai sistemi di fessure che l'interessano, per trarne partito nell'abbattimento: così negli strati di carbone le fronti di taglio si dispongono parallelamente al clivaggio del carbone per avere maggior proporzione di pezzi grossi. Si devono pure considerare i sistemi di fenditure che può presentare il tetto, per evitare che le fronti si trovino ad essi parallele, potendo altrimenti accadere che gli operai siano sorpresi da improvvisi stacchi di lastroni dalla corona dello scavo.

Si deve nello stabilire un sistema di fronti di taglio, esaminare se conviene dare agli operai grande ampiezza pel lavoro, moltiplicando le fronti, oppure concentrarli lungo le fronti, in modo da rendere più rapido l'avanzamento. In generale, se i terreni non sono molto franosi e se non v'hanno sviluppi di gas nocivi, conviene concentrare gli operai nelle fronti d'abbattimento per diminuire il numero di queste; così facendo, le spese di sorveglianza riescono ridotte, e pure minori riescono le spese di manutenzione

delle gallerie, le quali avranno vita più breve, procedendo lo spoglio dei cantieri più rapido.

La ripiena deve seguire a pochi metri il fronte di taglio: se la distanza del riempimento al fronte fosse troppo grande, la pressione, crescendo in ragione della superficie scoperta, potrebbe divenire eccessiva e rompere i legnami a sostegno provvisorio del tetto dello scavo, il quale, franando, trascinerebbe con sè la fronte di taglio, disorganizzando quindi il lavoro.

Infine noi abbiamo detto quali sono i criteri che limitano la lunghezza delle fronti di taglio: le fronti di taglio però, per quanto vi sia convenienza ad estenderle per aumentare il rendimento del minatore e diminuire il numero delle gallerie che le servono, non possono oltrepassare certi limiti, poichè, altrimenti, la sorveglianza sarebbe difficile e lo sgombro del materiale abbattuto lungo il fronte costoso ed incomodo. Nelle fronti di carbone di $150 \div 200$ m. di lunghezza si stabiliscono dei binari, sui quali circolano i vagoncini lungo la fronte d'abbattimento per facilitare e renderne rapido lo sgombro, poichè altrimenti il carbone, accumulandosi, farebbe ostacolo anche alla circolazione dell'aria lungo il fronte di taglio.

383. *Tagli montanti.* — Sulla direzione delle fronti d'abbattimento rispetto all'inclinazione dello strato, ci siamo già intrattenuti. Il taglio montante favorisce il distacco del materiale da abbattere e favorisce pure il collocamento in cantiere del materiale sterile che si abbatte col minerale; anzi può rendere anche facile, sotto questo punto di vista, la perdita di materiale utile, perchè mandato da operai negligenti in ripiena collo sterile: si evita l'inconveniente, interessando gli operai nella produzione.

L'inclinazione propria delle gallerie che servono per asportare il minerale dalle fronti di abbattimento, facilita i trasporti alle gallerie di traino.

Quando però la pendenza dello strato sorpassa gli $8^0 \div 10^0$, diviene oltremodo penoso il rimorchio dei vagoncini vuoti dalle gallerie di traino alle fronti di taglio, ed allora, o si dispongono le gallerie in salita secondo le pendenze intermedie dello strato, oppure si muniscono dette gallerie di piani inclinati automotori, per cui il vagoncino carico di minerale, che scende lungo la galleria, fa risalire al fronte di taglio un vagoncino vuoto. Quando lo strato ha una pendenza superiore a $30^0 \div 40^0$, i tagli montanti possono divenire pericolosi per gli operai, causa l'eventuale distacco di masse di minerale che scivolano lungo il letto contro il riempimento.

Nella fig. 109 è rappresentata una coltivazione per tagli mon-

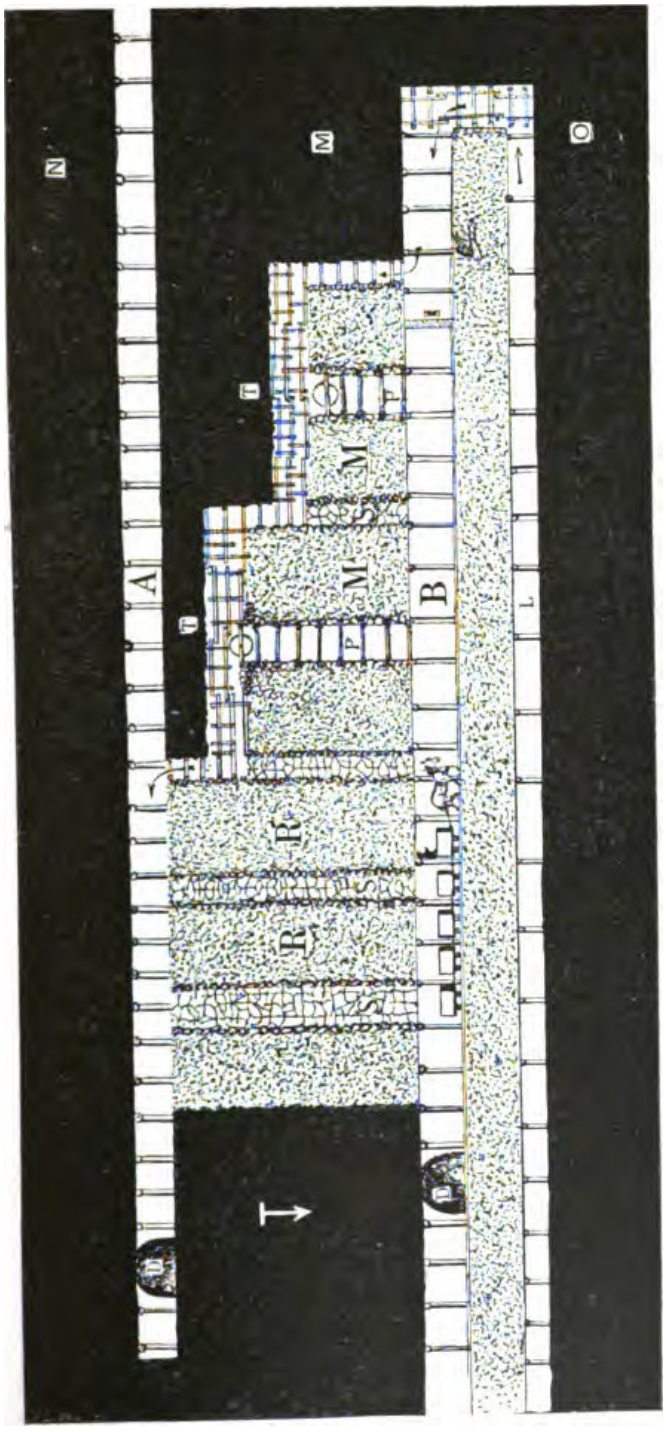


Fig. 109.

tanti in proiezione orizzontale con ribaltamento di 90° delle gallerie. Lo strato ha la pendenza, nel verso segnato dalla freccia, di circa 15°. Da due traverso-banchi *D* si penetrò nello strato e si condussero due gallerie in direzione *A, B*. Quella *B* fu presa come un taglio in direzione che procede verso destra: il riempimento fu collocato in mezzo a sorreggere il tetto ed a costituire le due gallerie *B* ed *L*, la quale ultima serve per la ventilazione. Lungo la galleria *B* si presero dei tagli montanti fino a raggiungere la galleria *A:* a destra si vedono due fronti di taglio *T T* aperte nel massiccio di carbone ancor vergine *M*. Due tagli verso sinistra furono esauriti; in essi si scorge la ripiena *R*. Sulla mezzaria dei tagli *T* si vedono nella ripiena le gallerie *P P*, le quali, essendo lo strato inclinato, sono armate di piano inclinato: superiormente s'osserva la puleggia relativa, la quale viene spostata man mano che la ripiena s'avanza. Il materiale sterile, che proviene dall'apertura delle gallerie *P*, ed eventualmente dal fronte di taglio, è collocato a $2 \div 3$ metri dallo stesso fronte. All'estremo a destra si vede una galleria d'areaggio, che quando s'aprirà una nuova fronte in *M*, verrà ostruita, come già accadde per quella *S*. Le freccie indicano l'andamento dell'aria, che avendo trovato nella galleria *B* una porta, lambe le fronti di taglio, per giungere nella galleria di areazione *A*. Lungo le fronti di taglio si vedono le armature per sostenere il tetto. Il carbone abbattuto scende da *P, P* nella galleria di traino *B*, ove il trasporto dei vagoncini è fatto con cavalli. Nella figura i massicci *O N* sono ancora vergini.

384. *Tagli in direzione.* — Quando l'inclinazione dello strato di carbone supera 30° conviene sostituire alle fronti di taglio disposte secondo la direzione, delle fronti poste secondo l'inclinazione dello strato. Le gallerie che servono le fronti sono allora ***in direzione***, e si collegano colla galleria inferiore di traino per mezzo di un unico piano inclinato che taglia tutte le gallerie orizzontali.

Le fronti di taglio che procedono in direzione, si prestano meglio di quelle montanti all'avaggio; in queste ultime però l'operazione riesce più efficace. Se lo strato non ha pendenza uniforme, ma è invece irregolare, oppure se è ricco di grisou, conviene l'adozione dei tagli in direzione anzichè quelli montanti.

Anche nei tagli in direzione, come in quelli montanti, le diverse fronti d'abbattimento non nascono contemporaneamente, per cui alcune sono più avanzate delle altre. Nelle figure 110-113 sono rappresentate schematicamente delle coltivazioni per tagli in direzione: Le freccie indicano come procede l'arretramento dei

fronti d'abbattimento. Lungo il piano inclinato si osserva un franco in carbone di protezione. Nella fig. 112 le fronti a monte sono in avanzo su quelle a valle: altre volte, viceversa, le fronti a valle progrediscono più di quelle a monte. Questa disposizione è migliore, riuscendo ogni taglio indipendente dai contigui, e sostenendosi meglio il tetto della coltivazione.

Anche coi tagli in direzione, se l'inclinazione dello strato è forte, possono derivare accidenti durante l'abbattimento del car-

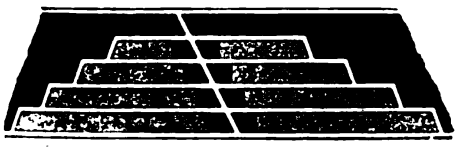


Fig. 110.

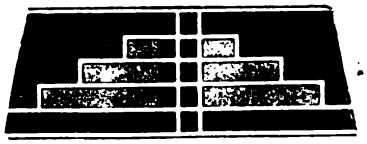


Fig. 111.

bone, perchè esso tende a scivolare parallelamente al fronte e può investire degli operai. Ad evitare l'inconveniente, si intaglia la fronte d'abbattimento a gradini, come si vede nelle figure 113 e 114. Talvolta il riempimento si dispone pure a gradinata, altre volte invece si dispone in modo da facilitare la discesa del carbone alla galleria orizzontale, oppure si colloca dietro impalcature di legno. Le fronti di taglio restano così divise in fronti elementari di $2 \div 3$ metri ognuna, ed ognuna occupa un minatore per l'abbattimento. Come si vede, ogni operaio resta così protetto dalle cadute del materiale scavato a monte. Nelle figure le freccie indicano la direzione secondo la quale procede l'abbattimento. In dette figure si osservano le gallerie dalle quali scende il materiale di due o tre gradini per essere convogliato nelle gallerie in direzione: nella fig. 114 invece il carbone scorre lungo il piano inclinato formato dalla ripiena e v'ha solo un breve tratto inferiore di galleria che serve per tutti i gradini. Nella fig. 115 infine, la discesa del carbone abbattuto è facilitata per mezzo di un tavolato.

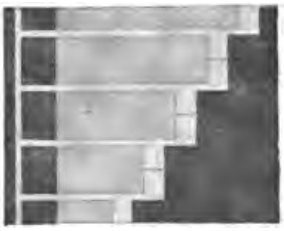


Fig. 112.

Nei metodi esposti non si compie alcun tracciamento preliminare di gallerie per sistemare i cantieri. Le gallerie nascono nella ripiena e devono essere mantenute per tutto il tempo in cui dura la coltivazione del quartiere. Talvolta ciò si evita, conducendo

dapprima un tracciato di gallerie in direzione nel minerale (figura 116) a dividere il quartiere in massicci. Questi poi si prendono colle fronti di taglio procedenti in direzione, ma in modo da avvicinarsi al piano inclinato da cui partirono le gallerie. Queste riescono quindi, col procedere della coltivazione, annullate ed i tratti che rimangono aperti lo sono nel carbone e quindi non richiedono spese di manutenzione. Nella figura si vede come risul-



Fig. 113.

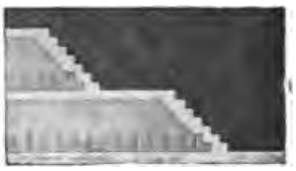


Fig. 114.

tano disposte le fronti di taglio, e come si dispone la ripiena, nella quale evidentemente sarebbe inutile conservare passaggi. Il carbone abbattuto, percorrendo le gallerie orizzontali, giunge al piano inclinato, da cui scende alle gallerie di traino.

385. **Strati di media potenza.** — Se sono privi di sterile, si possono coltivare come i precedenti per tagli, ma siccome in tali



Fig. 115.



Fig. 116.

coltivazioni occorre portare il materiale di ripiena, non fornendone l'abbattimento in quantità sufficiente, si adotta generalmente una modificazione nel lavoro, e lo strato si coltiva per camere.

Il tracciato delle gallerie in direzione è condotto come nel caso precedente, ma le fronti di taglio sono principiate dalla galleria a valle di ogni massiccio, e montano secondo l'inclinazione a raggiungere la galleria immediatamente superiore. Talvolta invece le fronti di taglio procedono in direzione, e, ad es., ogni $4 \div 5$ metri, si costituisce il riempimento (fig. 117). In questi casi è facile mantenere le gallerie nelle ripiene, disponendo opportuni

muri a secco col grosso pietrame. Tali gallerie sono necessarie per l'arrivo del materiale sterile, che è versato nelle camere da riempire, mentre il minerale abbattuto va per le gallerie aperte nel minerale al piano inclinato.

Molte volte si fa a meno del tracciamento preliminare delle gallerie, ed allora (fig. 118) partendo dal piano inclinato si fa un tracciamento di pochi metri per salvaguardare coi soliti massicci intatti il piano inclinato, e poscia si prende l'abbattimento per tutta la larghezza del massiccio, collocando man mano la ripiena. Nel massiccio vergine le fronti di taglio si fanno precedere, per brevi tratti dalle gallerie in direzione. La circolazione della ripiena e del minerale procede in questi casi con qualche difficoltà, sviluppandosi le gallerie da una parte sola delle fronti del taglio.

In qualche caso, nella coltivazione degli strati di media potenza, s'impiegano metodi misti e cioè la coltivazione è condotta in parte con riempimento ed in parte per vuoti o con frana. Questi metodi, che sono piuttosto varianti dei sistemi per frana applicate

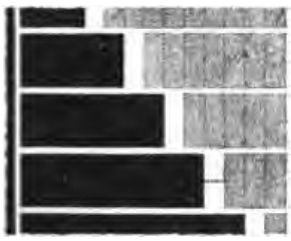


Fig. 117.

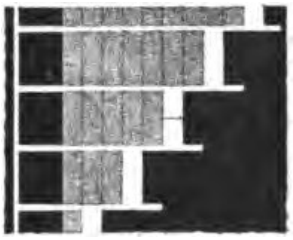


Fig. 118.

quando il tetto non è molto resistente, consistono, ad es., nel praticare, a partire da una galleria in direzione di base, dei tagli montanti, ad es. di 10 m. di larghezza e distanti fra loro 30 m. Spinti detti tagli al limite superiore, con del pietrame si costituiscono, ad es., due gallerie laterali per ogni taglio (le quali saranno disposte secondo l'inclinazione dello strato) si prendono i massicci di 30 m. che si isolarono, avvicinandosi colla fronte di taglio alla galleria di base. Le gallerie laterali servono pel trasporto del materiale, per assicurare la ventilazione, ecc. Man mano che l'abbattimento del massiccio procede, si lascia franare il tetto a qualche metro dal fronte di taglio: la frana resterà così limitata fra le murature.

Coltivazioni analoghe, ove le frane si inquadrano in robusti muri di pietrame che mantengono le gallerie, sono adottate nelle

coltivazioni degli strati di media potenza che non somministrano quantità sufficienti di pietrame per costruire delle vere ripiene. Così ad es., talvolta si stabiliscono delle coltivazioni a grandi tagli di 200 ÷ 300 metri, che si fanno partire da una galleria di base, lasciando però fra essa e la coltivazione un massiccio intatto di carbone di 30 metri, ad es., di larghezza. Attraverso questo massiccio protettore, si aprono, per es., ogni 20 metri, delle gallerie, le quali poscia si continuano, disponendo nella coltivazione del pietrame, in modo da mantenere il fronte di abbattimento in relazione colla galleria di base. I vuoti vengono quindi suddivisi da queste gallerie, costrutte a secco, che servono anche di sostegno alla corona dello scavo, in lunghe striscie regolari, nelle quali restano circoscritte le frane che seguiranno l'abbattimento. I minatori salvaguardano al solito modo il fronte d'abbattimento, disponendo opportuni sostegni di legname a reggere la corona dello scavo per qualche metro dal fronte stesso e così assicurano anche le comunicazioni colle gallerie murate a secco.

386. Possono rientrare in questi metodi di coltivazione, con ripiena inquadrata in ampie camere, quelli in uso in parecchie cave di ardesie di Francia e d'Inghilterra.

Nella fig. 119, che rappresenta la coltivazione del banco d'ardesia d'Angers (Francia), si osserva in proiezione orizzontale il pozzo, scavato nella roccia del letto, che scende sino al livello inferiore della coltivazione. Di là si parte una galleria parallela al giacimento: Numerose traverse T, aperte a 50 metri l'una dall'altra, comunicano col banco d'ardesia e precisamente con una serie di camere AA lunghe quanto è la larghezza del banco d'ardesia e larghe circa 35 metri.

Fra una camera e l'altra sono lasciati dei diaframmi B di 15 metri. Le camere misurano inizialmente 2 metri di altezza.

Questo tracciamento costituisce il lavoro di preparazione, e una volta compiuto, in corona alle camere si iniziano le coltivazioni. All'uopo si alza la corona delle gallerie *a b* (fig. 120) di 4 metri, e si prendono due striscie orizzontali di 2 metri d'altezza ognuna dal muro verso il tetto per tutta la larghezza della camera, e quando questi abbattimenti sono alquanto avanzati, si innalza di altri 4 metri la corona della galleria *a b*. Intanto dal pozzo si pratica ad 8 metri sopra il piano della galleria *C* un'altra galleria *C'*, dalla quale si dipartono nuove traverse *f* a raggiungere le camere. La coltivazione procede quindi per una nuova altezza di 8 metri come si disse in precedenza. Lo scarto del ma-

teriale si lascia nella camera, e ad esso si aggiunge il detrito della lavorazione a giorno, che viene abbassato in miniera valendosi del pozzo ausiliario di sinistra.

In tal modo lo scavo è man mano riempito, e con ciò, mentre si consolida la base delle pile di separazione delle varie camere, si provvede anche un piano che facilita agli operai di portarsi presso le fronti di abbattimento. Nella fig. 120 si vede che il riempimento del vuoto, con materiale in parte importato dall'esterno, è cominciato a destra. Sotto il riempimento è lasciata una galleria, armata in legname, per facilitare l'uscita del materiale abbattuto.

Gli operai lavorano al fronte sostenuti da una impalcatura: Allorchè l'abbattimento delle due trancie superiori è compiuto, la camera viene riempita fino alla suola della galleria superiore f'.

Si ritorna allora alle condizioni iniziali e si procede, come fu detto, all'abbattimento di un'altra zona di 8 metri. Così queste coltivazioni per camere parzialmente riempite, si spingono a 200 ÷ 300 metri d'altezza.

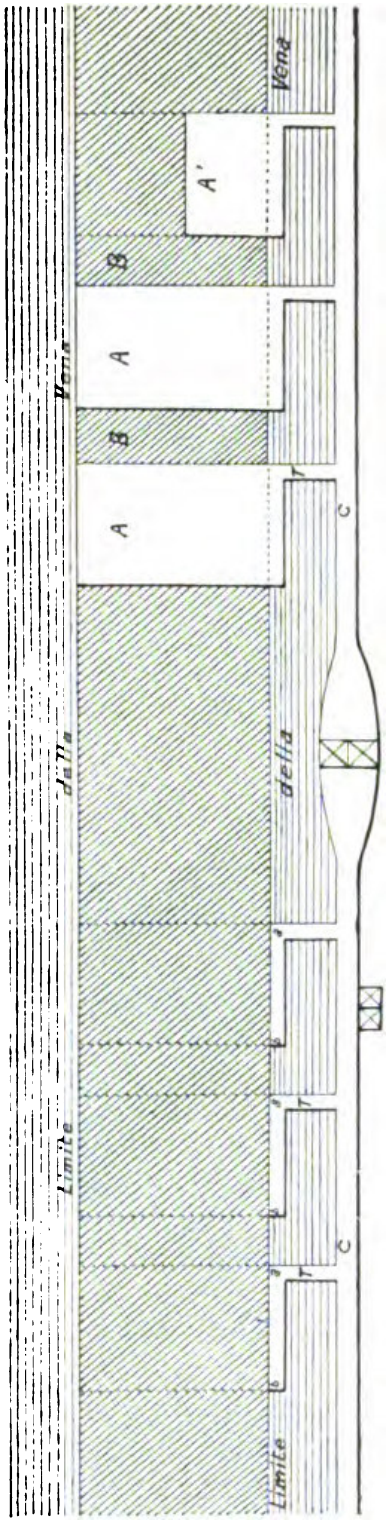


Fig. 119.

387. **Coltivazione degli strati raddrizzati.** — Consideriamo il caso elementare di una coltivazione di uno strato non molto potente, stato raddrizzato quasi verticalmente. Il problema si presenta quotidianamente nella col-

tivazione degli strati molto piegati, originandosi allora, per le pieghe, dei raddrizzamenti dello strato.

La fig. 120 mostra che la coltivazione è condotta col metodo a gradini, i quali si trovano sviluppati in un piano quasi verticale nel carbone. Le freccie indicano la direzione secondo la

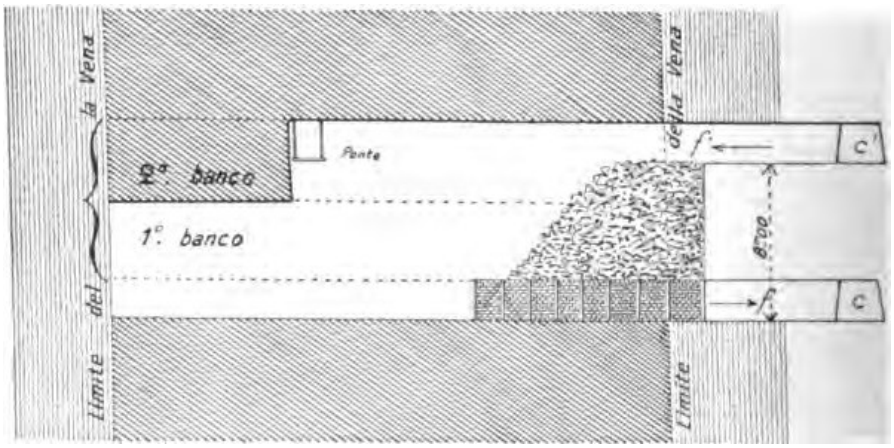


Fig. 120.

quale avanzano i gradini. Ad ogni gradino lavora un minatore, e l'avanzamento giornaliero dei gradini deve essere per tutti i minatori eguale, affinchè l'avanzamento complessivo mantenga la sua forma. Le dimensioni dei gradini variano secondo la natura del carbone da 2 a 4 metri. Il sistema di coltivazione richiede, come si vede nelle figure, una notevole spesa di legname: Occorre infatti non solamente sostenere il cielo delle due gallerie che limitano in altezza la coltivazione, ma sovente il tetto di ogni gradino: i legnami allora si sovrappongono gli uni agli altri, collegandoli con altri legnami trasversali, per impedire gli effetti delle spinte laterali, che sovente si manifestano in queste coltivazioni per spostamento degli strati del tetto. — I minatori si sostengono sulla ripiena, ed il carbone abbattuto è fatto scendere alla galleria inferiore, mediante le trombe di getto lasciate nella ripiena.

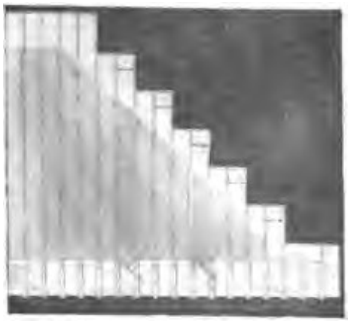


Fig. 121.

Nella fig. 121 si vedono due di tali trombe, le quali sono ri-

vestite internamente con quadri di legno, accostati per facilitare la discesa del carbone, e sono chiuse inferiormente dalle tramoggie alle quali vanno direttamente a caricarsi i vagoncini che percorrono la galleria inferiore. Perchè il carbone non si spezzi per cadute durante la discesa nelle trombe, queste sono mantenute costantemente piene. Accade talvolta che per movimenti del complesso, il carbone contenuto in una tromba la intasi: riesce allora difficile rimettere il carbone in movimento. All'uopo molte volte si lasciano lungo le trombe delle catene, che poi sbattute pel capo

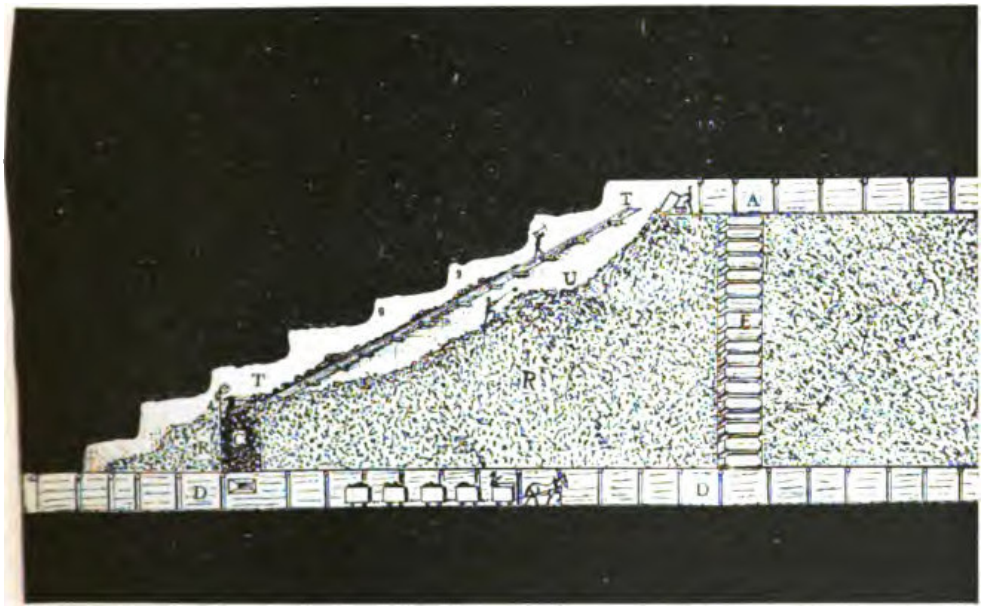


Fig. 122.

inferiore, che sporge dalla tromba, rimettono in movimento il carbone: il più delle volte però la tromba col materiale che contiene rimane perduta.

Si rimedia a questo inconveniente in molte coltivazioni facendo scendere il carbone entro canali di lamiera, disposti lungo il talus del riempimento.

388. Nelle grandi coltivazioni di carbone, quando la formazione è ben resistente, si rendono l'abbattimento e la ripiena indipendenti fra loro.

Nella fig. 122 si osserva il tracciamento delle due gallerie di livello *A, D.* Il fronte di abbattimento è intagliato a gradini *g, g,* nei quali lavorano i minatori: sotto alla serie di gradini è disposto

il tavolato T, T, sostenuto da travicelli incastrati nelle sponde della roccia che comprende lo strato. Il carbone abbattuto scorre per la pendenza del tavolato in basso, e si raccoglie nella tromba C, dalla quale inferiormente, per mezzo di una tramoggia, si caricano i vagonetti. La ripiena proviene dalla galleria A ed è versata in U. Come si vede, l'abbattimento del carbone ed il collocamento della ripiena, avvengono contemporaneamente.

Quando i vari gradini g, g sono troppo avanzati per rispetto il tavolato T T, si sposta quest'ultimo, sistemando una nuova tromba C all'estremità inferiore del nuovo tavolato.

Coltivazione dei filoni metalliferi.

389. La coltivazione dei filoni a gradini diritti o rovesci trova qui la naturale sua trattazione. Ci occuperemo ora dei filoni sottili e di quelli di media potenza, riservandoci di parlare più innanzi della coltivazione dei filoni potenti.

Dal punto di vista geometrico, un filone possiamo paragonarlo evidentemente ad uno strato raddrizzato: ed entrambi i giacimenti, possiamo poi ridurli schematicamente ad un piano mineralizzato, disposto pressochè verticalmente nelle formazioni che lo comprendono. Differiscono però gli strati di minerale dai filoni, per una maggior regolarità d'andamento e di mineralizzazione: questa è negli strati generalmente uniforme, mentre nella maggior parte dei filoni è invece irregolarmente distribuita. Ne segue che il materiale sterile, che si produce colla coltivazione dei filoni, è assai più abbondante, in generale, di quello che si ottiene dalla analoga lavorazione degli strati: inoltre, appunto pel fatto della presenza frequente di zone sterili nel piano del filone, l'abbattimento non può procedere senza la preoccupazione di schivare tali zone, le quali conviene lasciarle, per economia, in posto: E ciò è specialmente conveniente perchè il costo dell'abbattimento dei filoni è in generale molto elevato. Occorre quindi sviluppare nel piano filoniano un completo tracciato di gallerie per esplorarne le varie zone e riconoscerne la mineralizzazione. Questo tracciamento preliminare deve esser condotto a maglie relativamente strette, e riesce pertanto costoso. Nella coltivazione degli strati invece la stessa genesi del giacimento dà affidamento della continuità ed omogeneità della mineralizzazione: il tracciato è quindi meno serrato.

Inoltre la durezza propria del materiale filoniano, impedisce gli avanzamenti rapidi, che si ottengono invece nella coltivazione di molti strati, specialmente dei carboni; sicchè la preoccupazione di far seguire alle fronti d'avanzamento le ripiene, non è qui molto sentita e mancano, in generale, nella coltivazione dei filoni quegli espedienti, d'uso corrente invece nella coltivazione degli strati raddrizzati di carbone, cui si ricorre per ottenere rapidamente il riempimento dei vuoti nati dall'abbattimento del minerale.

Il minerale dei filoni ha poi quasi sempre valore notevole, e la disposizione dei cantieri deve essere tale da permettere una sicura cernita del minerale e dello sterile che si abbandona nella miniera per costituire i riempimenti.

Al lavoro intenso delle miniere di carbone, corrisponde nelle miniere metallifere un lavoro accurato: è naturale quindi che la sistemazione dei cantieri sia diversa nei due casi.

Il tracciamento nelle coltivazioni filoniane è sempre ottenuto con una serie di gallerie in direzione, condotte a dividere il filone in lunghi massicci, di altezza compresa fra 30 e 50 metri. La potenza di ogni massiccio è evidentemente eguale alla potenza del filone.

Ogni 50 ÷ 100 metri queste gallerie orizzontali sono poste fra loro in comunicazione per mezzo di pozzetti, i quali seguono le linee di maggior pendenza del piano del filone.

Con questo tracciamento la massa filoniana viene divisa in una serie di massicci rettangolari, limitati lateralmente dalle sponde del filone, e le cui dimensioni, secondo la direzione e l'inclinazione, sono in relazione al tracciamento, che sarà a maglie tanto più strette, quanto più irregolare è la mineralizzazione, dappoichè scopo del tracciamento è appunto di riconoscere l'andamento delle zone mineralizzate.

390. Nella fig. 68 a pag. 297 è rappresentato un tracciamento filoniano in relazione alle zone ricche che si riconobbero nel piano del filone: Nella fig. 123 è riportato un accurato tracciamento praticato nel piano di un filone cuprostannifero d'Inghilterra.

La mineralizzazione nella parte superiore del filone è di cassiterite, inferiormente di pirite di rame, entrambi minerali di pregio. In figura sono rappresentati i *pozzetti* disposti su verticali, per facilitare il getto delle ripiene: si scorgono anche altri numerosi pozzetti che collegano tra loro i livelli. Le gallerie in direzione distano sovente verticalmente solo 60 piedi (20 metri circa). Questo serrato tracciamento nacque naturalmente poco a poco,

collo sviluppo dei lavori: esso permise di riconoscere esattamente l'andamento delle zone mineralizzate (che sono in figura tratteggiate diversamente secondo la natura del minerale), e delle zone sterili: inoltre facilitò grandemente la sistemazione dei cantieri d'abbattimento, nei singoli massicci di ristrette dimensioni così individuati.

Nella fig. 124, a sinistra del pozzo, in scala molto più grande, si osserva il tracciamento di due massicci. Il tracciamento del massiccio superiore è completo, mentre quello inferiore nasce coll'affondazione del pozzetto a sinistra e coll'avanzamento, pure verso sinistra, della galleria inferiore.

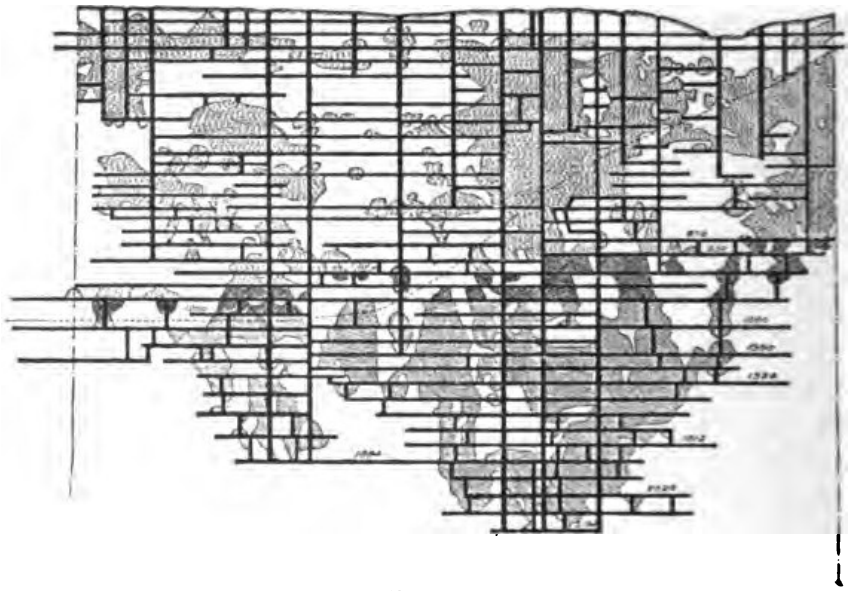


Fig. 123.

La coltivazione dei singoli massicci dei filoni di non grande potenza, si può imprendere in tre modi diversi, e cioè: ***a gradini diritti senza riempimento, a gradini diritti con riempimento, a gradini rovesci con riempimento parziale o totale***. Il primo e l'ultimo metodo sono d'uso comune: il secondo affatto eccezionale.

Del metodo di coltivazione dei filoni per gradini diritti senza riempimento ci siamo già occupati al capitolo IX. Ogni massiccio viene intaccato superiormente in corrispondenza dei pozzetti per striscie orizzontali di 2 m. circa di altezza, disposte l'una sotto l'altra a scalinata. La coltivazione è talvolta detta anche per *strozzo*. Il piano della galleria superiore viene fatto in legname, incastrando nelle sponde del filone i sostegni. Talvolta invece si

lascia una piccola *suola* di minerale in posto, a costituire il pavimento della galleria, ed allora la prima lista è presa sotto la galleria superiore, aprendo una nuova galleria sotto la suola. Quando il primo fronte elementare d'abbattimento si è avanzato di alcuni metri, se ne stabilisce, partendo dal pozzetto, un secondo, che s'avanza parallelamente al primo: si disegna così il primo gradino, sotto il quale si svilupperanno gli altri successivamente, mentre l'altezza di vuoto, sotto il piano della galleria di livello superiore, va aumentando col progredire del lavoro.

Abbiamo già accennato ai vantaggi ed agli inconvenienti che presenta questo sistema di coltivazione.

391. Quando il filone presenta col minerale abbattuto abbondante matrice sterile — che conviene per economia lasciare in miniera — si creano in corrispondenza dei gradini dei palchi in legname per reggerla. — Si ha allora la coltivazione per gradini diritti con riempimento; il riempimento serve anche a mantenere in posto le sponde del filone nel caso fossero franose. Questo metodo è adottabile soltanto nei filoni poco potenti, poichè altrimenti occorrerebbero legnami di grande lunghezza per fissarli fra le sponde a costituire i palchi. Come nella coltivazione precedente, i gradini hanno $1{,}50 \div 2$ m. circa di altezza e si seguono a 2, 3 metri di distanza l'uno dall'altro.

Nella fig. 124 nella parte destra, in basso, vedesi appunto una coltivazione a gradini diritti con riempimento. Sono visibili nella figura soltanto due gradini, la cui fronte è alquanto inclinata trattandosi di materiale poco solido. A piccola distanza dal secondo gradino vedesi l'impalcatura destinata a ricevere la ripiena. Gli altri quattro piani superiori accolsero lo sterile dalla coltivazione dei precedenti gradini, poichè evidentemente la coltivazione del massiccio venne iniziata immediatamente sotto la galleria superiore. In queste coltivazioni il minerale abbattuto è fatto scendere lungo i gradini alla galleria di livello inferiore.

In generale il metodo riesce troppo costoso pei legnami che richiede. Esso è applicabile a minerali poco solidi, ma semplicemente per necessità tecnica, non potendosi ricorrere per la franosità della roccia ad altri metodi. Qualche vena raddrizzata di carbone ad Anzin (dipartimento del Nord) è pure coltivata con questo sistema.

Nei filoni metalliferi, ove soventi non v'ha la preoccupazione della solidità, il metodo è applicato talvolta per la coltivazione dei minerali di pregio notevole, perchè il minatore è obbli-

gato a prendere in mano pezzo per pezzo il materiale da mettere in ripiena, e quindi non può convogliarvi del minerale, salvo che per disattenzione; con questo metodo nessuna parte del minerale abbattuto si disperde nella caduta, perchè cade sopra un suolo

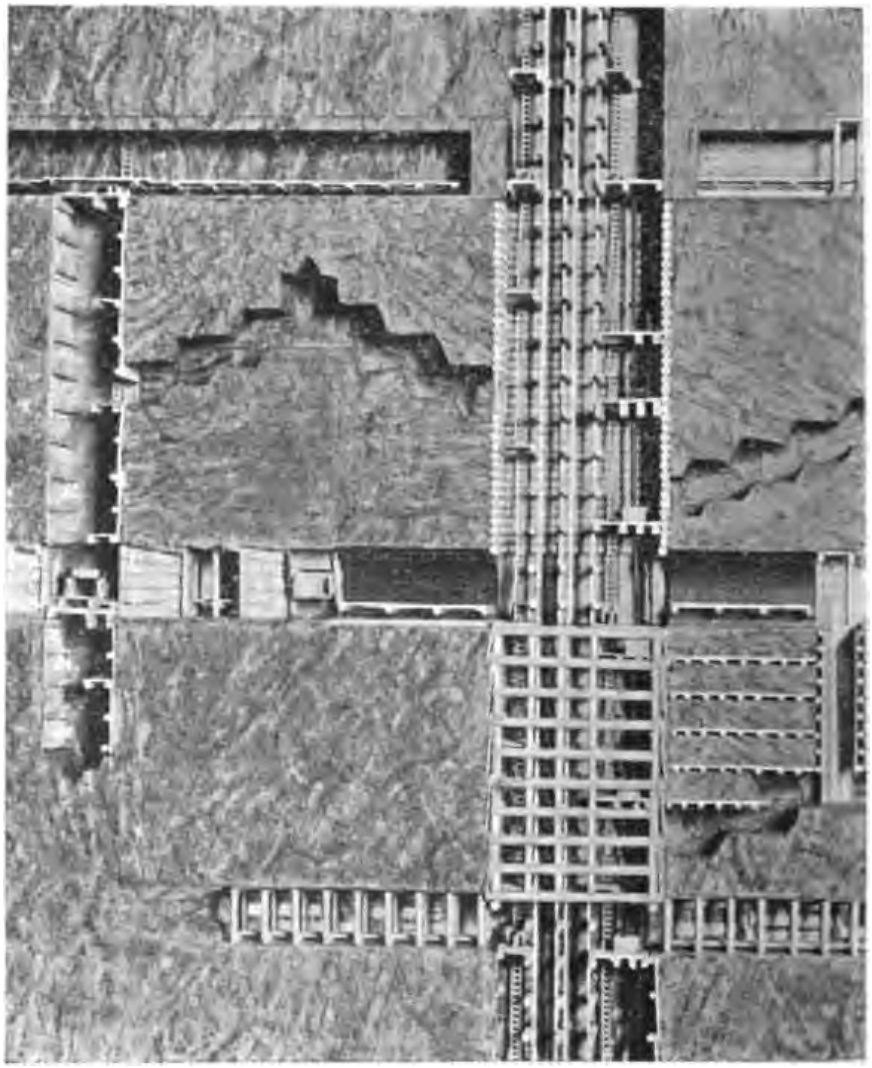


Fig. 124.

impermeabile, a differenza di quanto avviene nella coltivazione per gradini rovesci, dove il minerale cade sulla *ripiena*.

392. Il metodo di coltivazione per gradini rovesci è il più diffuso nella coltivazione dei filoni. Esso è più di tutti conveniente, a meno che il minerale sia di natura assai franosa.

La coltivazione dei massicci, individuati al solito modo, si inizia dal basso, generalmente sulla metà del massiccio limitato agli estremi da due fornelli. L'abbattimento si comincia immediatamente sopra la corona della galleria inferiore, nelle due direzioni opposte, e per un'altezza di circa due metri. Quando le due fronti così stabilite, si sono avanzate di qualche metro, se ne aprono altre due superiormente, sempre partendo dalla mezzaria del massiccio, e poi altre due successive, ecc.

La successione delle fronti si disporrà a gradini rovesci, come è rappresentato superiormente nella fig. 124 a destra ed a sinistra. Il materiale sterile, proveniente dalla coltivazione, è disposto dai minatori a strati sulla corona della galleria inferiore, convenientemente armata, a costituire la ripiena, la quale si eleva a misura che si innalzano i gradini, offrendo appoggio ai minatori.

Nel quadrante superiore a sinistra della fig. 124 si vede una coltivazione a gradini rovesci: Essa è partita dalla galleria inferiore parzialmente murata, e fu iniziata sulla metà del massiccio, in corrispondenza della tramoggia per getto che si vede ivi rappresentata.

La coltivazione ha in figura raggiunta la parte alta del massiccio, dove si vedono iniziati gli attacchi per un gradino superiore. Tre fronti di attacco sono disegnate da una parte e dall'altra, ed in corrispondenza si osservano tre gradini diritti nella sottoposta ripiena: I gradini della ripiena sono meglio visibili nella parte della figura che si trova alla destra del pozzo principale. I minatori, sostenendosi sulla ripiena, attaccano coi picconi e colle mine il materiale superiore; lo sterile cade a costituire la ripiena, mentre il minerale è convogliato alla galleria inferiore, o facendolo scendere dai vari gradini, oppure valendosi delle trombe di getto che si lasciano nella ripiena.

In questo metodo di coltivazione non occorrono che raramente legnami di sostegno, quando, cioè, la corona del gradino non è sicura: l'abbattimento del minerale, per il fatto dei gradini rovesci, riesce economico e colle trombe di getto lasciate nella ripiena, la discesa del minerale abbattuto nella galleria inferiore è facile. Infine non vi è limitazione nella larghezza dei gradini e il sistema è quindi anche applicabile ai filoni potenti, purchè di materiale sufficientemente solido.

Questo è il metodo tipico a corti gradini, ben disegnati, applicabile in filoni non molto duri e regolari, che somministrano nella coltivazione una proporzione conveniente di sterile per fare

la ripiena e che, per la natura del minerale, offrono grande facilità nella cernita sotterranea.

393. Quando manca qualcuna di queste condizioni, il metodo di coltivazione per gradini rovesci subisce qualche variante.

Così, se difetta il materiale sterile di riempimento, ed occorre quindi portarlo nel cantiere, si intraprende la coltivazione di uno o due massicci adiacenti, partendo da un estremo, e cioè in corrispondenza di un pozzetto. Da tale pozzetto, che si accorcerà col progredire della coltivazione (la quale s'innalza per piani successivi) discenderà il materiale destinato alla ripiena, importato dall'esterno, giungendo al punto più elevato del cantiere, da dove lo stesso materiale sarà distribuito nei vari gradini sottostanti. Nella ripiena, che così man mano si innalzerà sopra la corona della galleria inferiore, si avrà cura di mantenere aperte, colla solita sovrapposizione di quadretti o con muratura, le trombe di getto per convogliare il minerale nella galleria inferiore. Per evitare che il minerale che cade nell'abbattimento, frammentandosi, penetri in parte nella ripiena ed in essa si disperda, si suole, prima di provocare la caduta del minerale, spianare e costipare la ripiena superficialmente, distendendovi sopra un battuto di terra argillosa.

È evidente che queste operazioni accessorie, di distribuire cioè la ripiena e di prepararla a ricevere il minerale, richiedono un certo tempo e non si possono ripetere ad intervalli piuttosto brevi; si dà perciò ai singoli gradini una notevole lunghezza orizzontale, e cominciato l'abbattimento, lo si continua per lungo tempo, finchè nei gradini si sospende l'abbattimento per ritirare il minerale: si pulisce allora il cantiere, togliendo anche la parte superiore dello strato di terra grassa che copre la ripiena e che contiene del minerale. Ciò fatto, si alzano di circa 2 metri i fornelli e le trombe di getto, e poi si compie il riempimento del vuoto per l'altezza conveniente, sistemandolo superiormente al solito modo con un battuto argilloso. Nel cantiere si riprende allora l'abbattimento del minerale per una nuova striscia alta due metri, che costituirà un nuovo gradino.

394. In alcuni casi e specialmente quando il minerale è disseminato nello sterile, non conviene praticare alcuna cernita nel cantiere sotterraneo, ma bensì portare tutto il materiale abbattuto all'esterno, salvo poi ridiscendere lo sterile nel sotterraneo, per costituire la ripiena, se non è possibile procurarsi in altro modo più economicamente tale materiale.

Talvolta quindi si abbatte a gradino rovescio una striscia del

massiccio, p. e. di 8 ÷ 10 m. di lunghezza, prendendola da un fornello e dirigendosi verso l'altro, asportando del minerale abbattuto la parte che non è contenuta nello scavo che si crea, e lasciando la rimanente parte al luogo della ripiena per sostenere i minatori. Compiuto l'abbattimento della striscia inferiore del massiccio, si estrae tutto il minerale abbattuto dalla galleria inferiore, mentre dalla galleria superiore si fa scendere la quantità di sterile necessaria pel riempimento della prima striscia abbattuta, onde poi riesca possibile iniziare collo stesso sistema la coltivazione di una striscia superiore.

Con maggior regolarità si può intraprendere contemporaneamente l'abbattimento del minerale e la sua estrazione, facendo seguire il riempimento a brevi intervalli.

Supponiamo d'intraprendere una coltivazione di questa natura per un'altezza di 8 metri sopra la galleria inferiore che limita un massiccio. Partendo da uno dei pozzetti, che diremo n. 1, si fa avanzare, immediatamente sopra la corona della galleria, una prima fronte di 2 metri d'altezza, poi successivamente, a breve distanza, una 2ª, 3ª, e 4ª. Queste fronti progrediranno di conserva, e daranno luogo quasi ad un unico grande gradino di 8 m. d'altezza molto inclinato.

Avanzato questo grande gradino di parecchi metri, asportando il minerale abbattuto, si comincerà il riempimento del vuoto con materiale importato dall'esterno, facendolo scendere dal pozzetto n. 1 da cui sono partite le coltivazioni, ed arrestandolo alla quota di 6 m. dal livello inferiore, in modo di formare alla parte superiore della striscia abbattuta una galleria che servirà per la ripiena. Questa si disporrà all'estremo secondo il declivio naturale e servirà a sostenere i minatori pel nuovo attacco dei gradini. Il minerale abbattuto, scendendo lungo il declivio, giungerà alla galleria inferiore di traino, e verrà portato all'esterno, mentre a brevi intervalli, p. e. di qualche giorno, quando tutto il minerale giacente sul declivio sarà stato tirato dal basso, si provvederà ad aggiungere nuovo sterile alla ripiena, in modo che essa si avanzi nella direzione in cui si spostano le fronti dei gradini, per causa dell'abbattimento.

Coltivato così il sottomassiccio inferiore per l'altezza degli 8 m. si sarà anche ottenuto il riempimento del vuoto e costituita, alla parte superiore, fra la ripiena ed il massiccio di minerale ancor vergine, una galleria, che servirà poscia come galleria di base pel trasporto del minerale della coltivazione superiore, che si effettuerà

in modo analogo a quello descritto, facendo arrivare cioè la ripiena dal pozzetto n. 1, mentre il minerale abbattuto, percorsa la nuova galleria di base, sarà portato al secondo pozzetto e di là cadrà nella galleria inferiore di scarico. Talvolta i diversi gradini non sono regolarmente squadrati e nel complesso si presentano come un lungo gradino inclinato.

Infine, nella coltivazione per gradini rovesci, quando manca o difetta il materiale sterile per ripiena, si costruiscono dei ponti in legname per l'attacco dei successivi gradini, disponendo soventi sopra, per aumentare la solidità dell'edificio minerario, il materiale sterile di cui si dispone.

395. Trattato così dell'attacco, e dell'abbattimento di un massiccio, ci rimane a considerare l'*ordine di coltivazione* dei vari massicci che furono individuati col tracciamento. Evidentemente si coltiveranno solamente i massicci, o le parti dei massicci, che sono mineralizzati. L'attacco si compie contemporaneamente per più massicci, secondo la produzione che si vuole ottenere, e mentre si coltivano i massicci individuati, si spingono le gallerie in direzione, od *avanzamenti*, per riconoscere ulteriormente il filone, e si abbassano i pozzetti e si innalzano i fornelli ove occorre, per individuare dei nuovi massicci.

Sotto i livelli tracciati, se ne aprono degli altri, approfondando i pozzi principali per riconoscere e preparare alla coltivazione nuove zone più profonde.

Se si potesse compiere dapprincipio il tracciamento completo dei massicci fino alla maggior profondità definitiva delle coltivazioni, converrebbe cominciare lo spoglio dai livelli inferiori e, man mano che lo spoglio si estende, risalire ai livelli superiori, abbandonando poscia le gallerie ed i tratti di pozzi profondi. Ma evidentemente durante il tracciamento, e cioè per un tempo lunghissimo, la miniera rimarrebbe improduttiva e gravata, anzi, delle ingenti spese del tracciamento. Oltreciò è impossibile valutare a che profondità dovranno arrestarsi le coltivazioni: Le profondità delle miniere aumentarono col perfezionarsi dell'arte mineraria, e le mineralizzazioni filoniane non hanno, in generale, un limite pei nostri lavori.

Ond'è che in generale, aperti alcuni livelli prossimi alla superficie, s'intraprende lo spoglio dei massicci relativi, mentre si preparano nuovi massicci più profondi alla coltivazione. E nemmeno succede ciò che si potrebbe ritener logico accadesse, cioè, che l'esaurimento dei livelli proceda dall'alto verso il basso, a causa

della variabilità della mineralizzazione, che dà cantieri ricchi ed altri poveri, per cui, a seconda del corso dei metalli o delle condizioni economiche della miniera, conviene abbattere gli uni o trascurare gli altri, o magari riprendere dei cantieri stati prima abbandonati.

Quindi in un filone di qualche estensione si hanno sempre in coltivazione più livelli, per regolare a seconda delle esigenze la produzione, benchè sarebbe più logico ed economico spogliare interamente i livelli gli uni dopo gli altri per abbandonarli poscia definitivamente, risparmiando così soventi costose manutenzioni. Ma a ciò anche s'oppone lo sviluppo in direzione degli avanzamenti ai vari livelli, per scoprire nuove zone produttive e ridare vita al livello coltivato.

CAPITOLO XII.

Coltivazione per trancie

Metodo per trancie inclinate - metodo per trancie orizzontali. - Applicazioni agli strati, ai filoni potenti ed agli ammassi.

Trancie inclinate.

Considereremo ora il caso di strati potenti ed inclinati. Già ai n. 370 e 374, accennammo alla coltivazione degli strati potenti pianeggianti: i metodi allora esposti non potrebbero applicarsi a strati con inclinazioni superiori a $10^0 \div 15^0$, poichè le fronti di taglio riuscirebbero oltremodo difficili a mantenersi, e di più, pericolose per i facili scorrimenti cui darebbero luogo.

396. **Trancie inclinate.** — Il problema di coltivare uno strato potente ed inclinato, si può ricondurre a quello della coltivazione degli strati di media potenza.

Nulla impedisce, infatti, di considerare per la coltivazione, lo strato potente ed inclinato, come il complesso di più strati elementari, da coltivarsi in modo indipendente fra loro. Anzi questa suddivisione virtuale prende sovente forma reale, quando lo strato, come frequentemente accade, è naturalmente diviso da letti di materiale sterile. In ogni caso noi supporremo di suddividere lo strato in sottostrati di circa 2 metri di potenza, mediante una serie di piani, reali od ideali, paralleli al letto ed al tetto dello strato: ciascun strato si coltiverà come già si disse ai cap. 10 e 11.

Queste coltivazioni prendono la denominazione per *trancie inclinate:* le trancie hanno l'inclinazione comune dello strato. Il metodo è applicabile agli strati regolari, potenti, con inclinazione costante e non superiore a 30^0 circa.

Nella figura 125 è rappresentato, in sezione normale alla direzione, il tracciamento in uno strato di tale natura.

Superiormente ed inferiormente si vedono i due traverso-banchi, che individuano il *livello*, aperti al muro dello strato, e che lo attraversano fino al tetto.

Se lo strato è poco inclinato, il tratto di traverso banco compreso nello strato riesce molto lungo. A conveniente distanza una dall'altra, si aprono allora nei traverso banchi delle gallerie in direzione, che in figura si vedono rappresentate colle sezioni trasversali: esse individueranno, al piano del traverso banco, la divisione in strati elementari cui si è accennato, e rappresente-

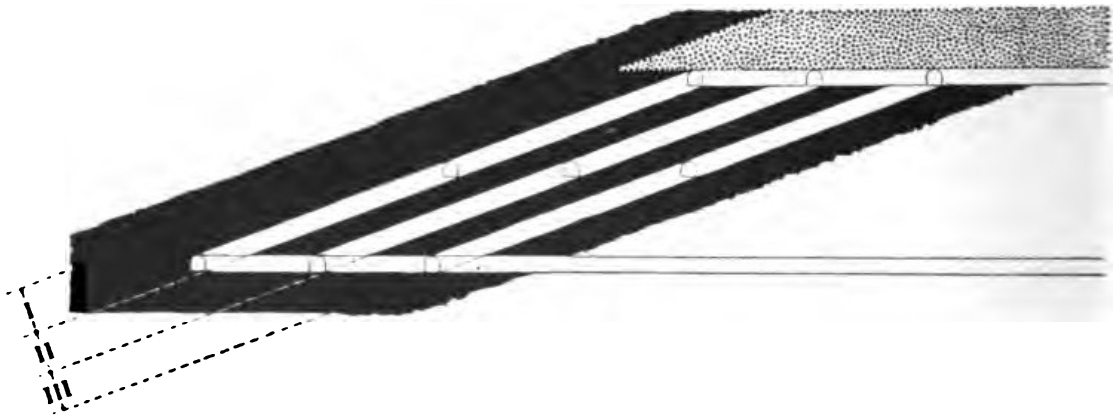


Fig. 125.

ranno le intersezioni dei piani condotti nello strato parallelamente al tetto, col piano orizzontale passante pel traverso banco.

Si saranno così individuati gli strati elementari, che nel caso figurato sono quattro. Per completare il tracciamento, ogni m. 100 ad es. si conducono nelle gallerie in direzione, secondo i piani ideali di divisione, delle gallerie montanti, le quali collegheranno fra loro le gallerie in direzione corrispondenti. Nella figura la sezione comprende precisamente queste gallerie. Ove poi la distanza fra le gallerie orizzontali condotte nei vari livelli, per l'inclinazione dello strato fosse eccessiva, si aprono dei livelli intermedi, tracciando dalle gallerie inclinate una serie di gallerie in direzione. Nella figura sono visibili anche le sezioni di tali gallerie intermedie.

Così adunque si sono individuati e limitati in massicci i *sottostrati*, ed in ognuno fu compiuto un conveniente tracciamento. Basterà ora coltivare i singoli sottostrati come si coltivano gli strati di media potenza.

Qui però distingueremo la coltivazione condotta per frana, da quella condotta per riempimento. Nel primo caso l'ordine di coltivazione degli strati sarà necessariamente dal tetto verso il letto, e cioè in figura I, II, III, IV poichè se l'ordine fosse inverso, la frana del tetto dello strato elementare del letto, dislocherebbe i sottostrati superiori. Si potranno quindi, ad es., stabilire nel piano di una trancia ad es. a 100 metri di distanza l'uno dall'altro, due piani inclinati, e collegarli con una serie di gallerie orizzontali a dividere la trancia, in massicci lunghi, che saranno poi presi con uno dei soliti metodi. Sotto le coltivazioni esaurite del sottostrato I si svilupperanno poi le coltivazioni del sottostrato II, ecc.

Se le coltivazioni devono invece comportare il riempimento, si potrebbero prendere i sottostrati dal letto verso il tetto, ma così operando, nel caso di carboni, si rischia pel rassettamento delle ripiene di dislocare i sottostrati superiori e determinare degli incendi: inoltre i legnami di sostegno, necessari durante l'abbattaggio dei massicci, appoggiano poco bene se sulla ripiena inclinata. Si usa quindi, generalmente, ove si applica questo metodo, procedere anche col riempimento, dall'alto verso il basso nello spoglio degli strati, avendo cura di stabilire al letto di ogni coltivazione uno strato di argilla compressa, destinato a formare il tetto della coltivazione del sottostrato immediatamente inferiore.

Mentre che col metodo dall'alto verso il basso conviene coltivare successivamente i diversi strati, non essendovi difficoltà a spingere le coltivazioni sotto il tetto franoso, nella coltivazione dal basso verso l'alto con riempimento, si preferisce lasciar trascorrere più anni perchè le ripiene abbiano tempo di costiparsi.

Nella fig. 126 è rappresentato uno strato inclinato pendente 30°. In esso si giunse con tre traverso-banchi distanti verticalmente fra loro 25 metri. Ognuno però di quei livelli fu suddiviso, a causa dell'eccessiva sua lunghezza, in tre sottolivelli di 8 metri d'altezza ciascuno. Questi verranno coltivati secondo i numeri I, II, III, IV, V, VI e cioè i livelli successivamente dall'alto verso il basso, mentre i sottolivelli di ogni massiccio saranno coltivati dal basso verso l'alto.

Consideriamo il sottolivello I. Esso è in relazione, con una galleria diretta secondo l'inclinazione dello strato, col traverso-banco inferiore: all'uopo in detta galleria, per la discesa del materiale, esiste un piano inclinato.

La coltivazione del sottolivello I si compie supponendolo diviso nei soliti sottostrati, come è accennato in figura: i sottostrati sono

in questo caso coltivati successivamente dal letto verso il tetto.

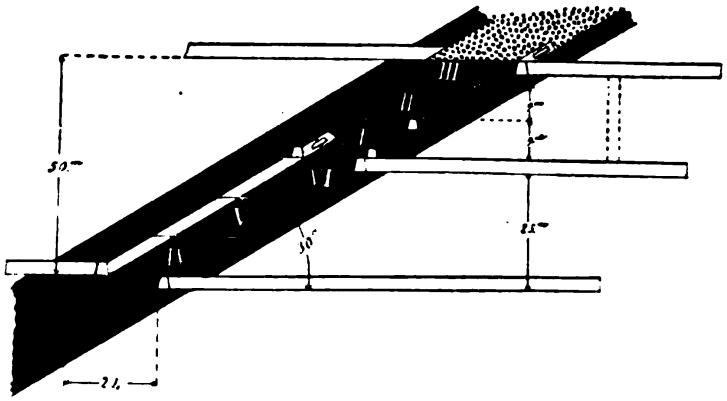


Fig. 126.

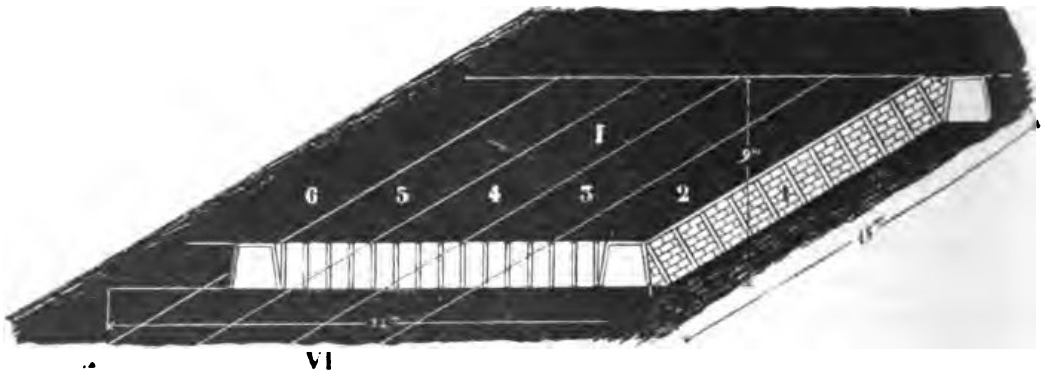


Fig. 127.

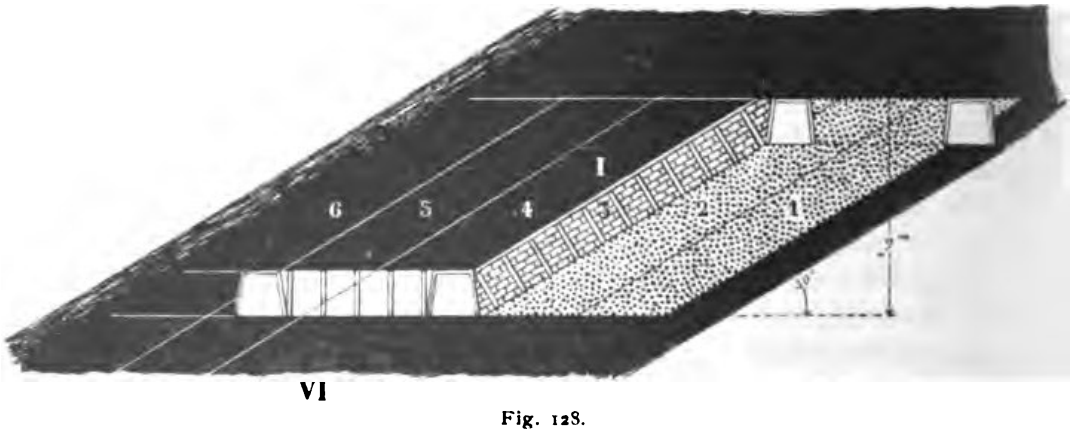


Fig. 128.

Nella figura 127 è ingrandita la rappresentazione del sottoli-

vello I: esso è diviso, come l'intero strato, in diversi sottostrati, paralleli fra loro, e paralleli allo strato. I sottostrati si coltivano, come strati di media potenza poco inclinati, con uno dei soliti metodi, ad es. per lunghe camere montanti e con ripresa laterale. Compiuta la coltivazione del sottostrato 1, s'intraprende la coltivazione dei sottostrati 2, 3. La ripiena arriva dal traverso-banco superiore di destra (fig. 126) mentre il minerale per la galleria orizzontale che si vede nella fig. 127 giunge al piano inclinato, che adduce al livello inferiore. Nella fig. 128 i sottostrati 1, 2, 3 furono esauriti e sostituiti con ripiena: allo stesso modo si esauriranno poscia i sottostrati 4, 5, 6. Compiuta la coltivazione del sottolivello I, si passerà a coltivare successivamente i sottolivelli II, III, e poi analogamente IV, V, VI.

Il metodo di coltivazione per trancie o zone inclinate, richiede, come si disse, molte condizioni favorevoli, per cui esso è raramente applicato.

397. **Trancie orizzontali.** — Più importante, perchè più generale, è il metodo per *trancie orizzontali*. In esso si fa completa astrazione della forma del giacimento, perchè lo si suppone, comunque esso sia, diviso con piani orizzontali in altrettante trancie orizzontali.

Il metodo quindi è applicabile a tutti i giacimenti che presentano notevoli sezioni orizzontali, siano essi strati potenti, più o meno regolari e più o meno inclinati, siano filoni potenti od ammassi informi di minerale.

L'altezza delle trancie è compresa fra 2 e 4 metri: generalmente però è di 2 metri.

La coltivazione per trancie orizzontali può essere fatta mediante scoscendimento delle formazioni superiori, oppure colmando i vuoti con della ripiena. Nel caso si coltivi uno strato potente raddrizzato per scoscendimento, la coltivazione può ad es. procedere in questo modo: Diviso idealmente il livello in trancie orizzontali, di quattro metri d'altezza ognuna, si pratica al letto di ogni trancia un tracciato di gallerie in direzione e di parecchie in traverso, distanti fra loro $4 \div 6$ metri. Poscia si compie la *ripresa*, abbattendo il carbone per tutta l'altezza dei massicci individuati.

Nella fig. 129 è rappresentata una sezione verticale dello strato, nella quale si vedono le gallerie in traverso e la sezione di quelle in direzione aperte al letto di ogni trancia. Nella fig. 130, che rappresenta una sezione longitudinale condotta secondo AB nello strato, vedesi cominciata la ripresa dalle trancie superiori, che

man mano si estende alle trancie inferiori. La frana segue l'abbattimento in ripresa.

398. A San Giovanni in Val d'Arno si coltiva un potente banco di lignite bruna di 28 metri di potenza e che è inclinato di 20°, per trancie orizzontali. — Si suppone diviso il banco con piani orizzontali, distanti quattro metri l'uno dall'altro: si determinano così altrettante trancie orizzontali, che sono coltivate nell' ordine discendente. Mediante un tracciato di ordinarie gallerie orizzontali, ortogonali tra loro, distanti 16 metri l'una dall'altra, si divide nella sua parte inferiore ogni trancia in massicci a base quadrata di 16 metri di lato. Il tracciato delle gallerie si conduce parallelamente alla direzione dello strato e normalmente ad essa, e cioè da tetto verso letto. Ogni massiccio di 16 × 16 così individuato, viene poi diviso con gallerie condotte in direzione, distanti



Fig. 129.



Fig. 130.

4 metri da asse ad asse. Ogni massiccio resta pertanto diviso facendo astrazione della larghezza delle gallerie, in massicci elementari di 4 × 16 × 4, mentre sopra le gallerie così praticate, esistono delle pile o suolette di 4 × 16 × 2. Si procede allora all' abbattimento dei massicci maggiori di 4 × 16 × 4 per la loro altezza, in traverso, e contemporaneamente si compie la *ripresa* delle suolette di due metri che si trovano sopra le gallerie. La frana invade così man mano il cantiere. Spogliata completamente una trancia, si passa a coltivare analogamente quella inferiore.

Naturalmente in ogni massiccio principale di 16 × 16 l'abbattaggio dei diversi massicci elementari di 4 × 16 avviene contemporaneamente; solo si ha cura che la coltivazione di quelli verso letto si trovi in avanzo per rispetto alla coltivazione degli altri immediatamente a tetto. L'avanzata è di circa 4 metri. E così pure la coltivazione dei massicci di 16 × 16 di una trancia, deve trovarsi in avanzo di un intero massiccio su quella immediatamente sottostante.

È regola generale, nella coltivazione delle ligniti con tetto argilloso, che diviene franoso a contatto dell'aria, di far procedere

l'abbattimento per piccole zone o tratti. Lo spoglio delle diverse trancie, che costituiscono un livello, deve compiersi dall'alto verso il basso, ma ogni trancia deve però essere individualmente presa dal basso verso l'alto. Così è appunto la coltivazione descritta, nella quale le trancie di 4 metri sono prese nell'ordine discendente, ma ogni trancia, come si disse, è spogliata con lavori che si sviluppano dal basso verso l'alto, per due metri ognuno, nell'altezza della trancia stessa.

Così lo strato principale d'antracite della Mûre in Savoia, che misura 12 metri di potenza ed è notevolmente raddrizzato, è pure diviso in livelli ed ogni livello è coltivato per trancie orizzontali dall'alto verso il basso.



Fig. 131.

399. Nella fig. 131 è rappresentata la sezione verticale della coltivazione di uno strato di carbone, irregolare e potente, per trancie orizzontali con riempimento dei vuoti. Mediante traverso-banchi, non visibili nella figura, si è raggiunto lo strato a vari livelli. I livelli si coltivano per trancie dal basso verso l'alto. Il livello in considerazione è stato suddiviso in cinque trancie orizzontali, di cui le due inferiori furono già coltivate, la terza è in coltivazione, e le due superiori sono ancora vergini. Il carbone abbattuto nelle varie trancie per mezzo di comunicazioni inclinate o verticali, che non si vedono in figura, discende al traverso-banco inferiore, mentre dal traverso-banco superiore giunge il materiale per la ripiena.

Evidentemente, colla divisione accennata, il livello viene ad essere costituito di cinque sotto strati orizzontali, alti circa due metri ognuno, che si sviluppano orizzontalmente come si sviluppano le relative sezioni orizzontali del giacimento. Il problema è così ridotto a coltivare, successivamente dal basso verso l'alto, ognuno di detti sottostrati. Nel caso nostro, non essendo la potenza orizzontale del giacimento eccessiva, aperte due gallerie in direzione a tetto ed a letto e poste fra loro in comunicazione con traverse, si prende il massiccio individuato fra esse, colla fronte

d'abbattimento in direzione, cioè che si sposta normalmente alla figura: in altre parole si applica il metodo per tagli in direzione ad un solo massiccio. L'abbattimento di questi massicci è generalmente fatto allontanandosi dalle comunicazioni verticali o inclinate che mettono in relazione le varie trancie fra di loro. Le gallerie in direzione laterali rendono facile il trasporto del carbone abbattuto e poscia delle ripiene.

Se la potenza orizzontale del giacimento fosse troppo grande per compiere l'abbattimento nel modo descritto, si può tracciare una galleria in direzione intermedia a costituire due lunghi massicci, oppure la trancia può prendersi col metodo delle camere. Coltivata una trancia, s'intraprende la coltivazione di quella immediatamente superiore allo stesso modo. I minatori appoggiano sulla ripiena sottostante.

Si possono anche coltivare le trancie orizzontali col metodo in traverso, sviluppando, cioè, i tagli nel senso della potenza orizzontale del giacimento (ad es. da una galleria in direzione aperta verso il muro). La larghezza dei tagli, trattandosi di carbone, è di $6 \div 7$ metri. Naturalmente questi tagli si moltiplicano secondo il bisogno della produzione e si mettono in coltivazione più sottostrati contemporaneamente. Così si può dividere lo strato raddrizzato in livelli di 50 metri d'altezza, ed ogni livello suddividerlo in cinque sottolivelli, che saranno coltivati dall'alto verso il basso. Ogni sottolivello di 12 metri è poi considerato costituito da 5 trancie di 2 metri ognuna, che si coltivano successivamente dal basso verso l'alto. La coltivazione della trancia inferiore dei sottolivelli s'incomincia contemporaneamente in tutti i sottolivelli.

400. La coltivazione per tagli in traverso è sovente applicata in altro modo ed introdotta anche nella coltivazione dei filoni potenti, quando, per la franosità relativa del minerale, non è possibile la coltivazione per gradini rovesci.

Nella fig. 132 è rappresentata la sezione verticale del giacimento da coltivarsi. Mediante due traverso-banchi sviluppati al muro, e messi in relazione con un pozzo, si è individuato un livello. Dove i due traverso-banco intersecano il giacimento, furono condotte a letto due gallerie in direzione, che si posero in comunicazione mediante il fornello che si vede punteggiato correre lungo il letto. Il livello, si suppone diviso per trancie orizzontali alte circa 2 metri. La coltivazione delle successive trancie si compie dal basso verso l'alto. Nella figura si vedono coltivate le trancie I, II, III. La trancia IV è in coltivazione.

Ogni trancia si coltiva come è indicato nella fig. 133 che rappresenta una sezione orizzontale passante per la trancia in coltivazione: nel caso nostro adunque per *AB*.

Dapprima si traccia nella trancia una galleria in direzione al letto, che si arma in modo provvisorio con legname, perchè detta galleria è destinata a durare solo quanto dura la coltivazione della trancia. Si mantengono però aperti nel riempimento sottostante i fornelli che servono alla discesa del materiale abbattuto.



Fig. 132.

Poscia lungo tale galleria in direzione, si aprono delle traverse, alte quanto la trancia, che si spingono fino al tetto del giacimento. La larghezza di dette traverse sarà la massima compatibile colla solidità del minerale. La distanza che separa queste traverse fra loro sarà, ad es., il triplo della larghezza delle traverse stesse. Raggiunto così il tetto, si procede al riempimento delle traverse.

In figura queste traverse riempite portano il numero *1*: poscia sulla metà dei massicci isolati, si aprono nuove traverse *2*, eguali alle precedenti, che sono pure in seguito riempite.



Fig. 133.

Rimane infine da prendere le pile *3*: il tetto sarà sostenuto dalle ripiene laterali, finchè anche le traverse *3* saranno riempite. La trancia allora è coltivata e si passa alla coltivazione di quella superiore, aprendo una nuova galleria in direzione e procedendo in modo analogo. Il materiale abbattuto scende pei tratti di fornelli aperti nella ripiena al traverso-banco inferiore, mentre il materiale di ripiena discende da quello superiore, lungo il fornello aperto nella massa di minerale ancora vergine.

401. **Coltivazione degli ammassi di minerale.** — Il metodo per trancie orizzontali rende facile la coltivazione degli ammassi informi di minerale che si trovano racchiusi nelle formazioni. Siccome, in generale, non si può indurre con precisione la forma che ha l'ammasso, è necessario dapprima riconoscerlo.

A tal uopo si conducono dei traverso-banchi a raggiungere l'ammasso, poscia si fanno seguire delle gallerie orizzontali al contatto dell'ammasso col terreno. Tali gallerie si chiuderanno su se stesse nel traverso-banco, contornando così il giacimento. Nella fig. 134, che mostra la sezione verticale di un ammasso, si condussero 5 traverso-banchi colle relative gallerie anulari, riconoscendo così perfettamente l'ammasso e dividendolo in 4 livelli.

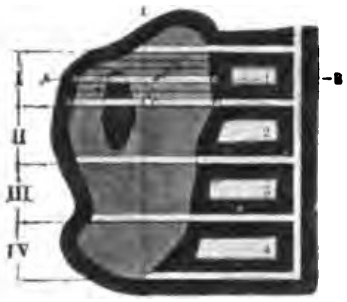


Fig. 134.

Si prolungano soventi i traverso-banchi ad attraversare anche il giacimento, e se la sezione orizzontale dell'ammasso è d'ampiezza rilevante, si conducono, sempre nello stesso piano, altre gallerie parallele e perpendicolari fra loro a compartirla in quartieri regolari (fig. 135) e quando nell'ammasso si incontrano masse sterili intercluse, si riconoscono al solito modo seguendone il contorno.

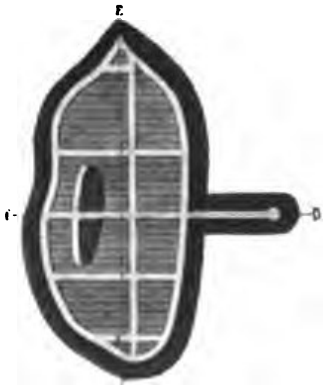

Fig. 135.


Fig. 136.

Compiuto questo tracciato, s'intraprende la coltivazione dei vari quartieri di una stessa trancia, come si trattasse di uno strato orizzontale di due metri di potenza, ed esauriti così tutti i quartieri di una trancia, sopra il relativo riempimento si riproduce, nella trancia sovrapposta, un analogo tracciamento di gallerie per coltivarla nello stesso modo.

Nella fig. 134 si vedono coltivate le tre trancie inferiori del livello I. Nella fig. 135 è riprodotta la sezione orizzontale dell'ammasso, passante per la trancia AB in coltivazione.

La figura mostra la divisione in quartieri e mostra tracciate le traverse di coltivazione.

Queste partiranno dalle gallerie di base di ogni trancia, e raggiungeranno la periferia dell'ammasso. Nella fig. 136 infine, è rappresentato per maggior chiarezza, un tratto della sezione verticale condotta per EF nell'ammasso.

PARTE QUARTA

SERVIZI MECCANICI

CAPITOLO XIII.

Trasporti all'interno

Trasporti sotterranei. — Nelle vicinanze delle fronti di abbattimento — lungo le gallerie principali.
Estrazione. — Sedi d'estrazione - organizzazione.
Motori d'estrazione: animati - macchine a vapore - elettriche.

Trasporti sotterranei.

401. Il minerale abbattuto nei cantieri, arriva a destinazione dopo una serie di trasporti.

I trasporti si possono distinguere, a seconda che si compiono nei *sotterranei* oppure all'*esterno,* in due categorie.

Parecchi mezzi di trasporto comunemente usati alla superficie sono pure applicati nelle gallerie; cionondimeno le installazioni sotterranee differiscono in generale da quelle a giorno, dovendo le prime soddisfare alle condizioni speciali dell'ambiente in cui sono stabilite.

Il minerale, dopo che è stato abbattuto, è trasportato dal cantiere al pozzo d'estrazione, se questo esiste nella miniera: di là è sollevato alla superficie, indi passa alle varie sezioni di lavorazione (cernite, laverie, arrostimento, ecc.) e finalmente giunge ai magazzeni di spedizione e alle fonderie.

Ci occuperemo ora dei trasporti all'interno, e considereremo separatamente i diversi tronchi in cui abbiamo scomposto il percorso sotterraneo che il minerale compie prima di giungere all'esterno.

402. **Trasporti sotterranei.** — Distingueremo questi trasporti in tre parti e cioè:

a) dal cantiere d'abbattimento alle gallerie ordinarie di carreggio;

b) dalle gallerie di carreggio alla recetta del pozzo di estrazione;

c) dall'arrivo al pozzo di estrazione all'esterno.

Esaminiamo successivamente i sistemi comunemente usati per compiere questi trasporti sotterranei.

403. *a) Dal cantiere alle gallerie di carreggio.* — Il minerale viene talvolta trasportato a spalla da operai dal cantiere di abbattimento fino a destinazione.

Questo sistema, che è il solo che si può adottare quando il percorso è molto irregolare, è da noi in uso in parecchie solfare di Sicilia ove è compiuto dai *carusi*. I carusi portano circa 20 kg. di minerale di solfo per carico, lungo percorsi inclinati, difficili e male aerati, fino all'esterno. — A S. Etienne gli antichi *sorteurs* portavano un sacco di carbone, tenendolo per la corda fra i denti, mentre con una mano sostenevano la lampada e coll'altra un bastone. Ancora oggi nel Mansfeld i ragazzi adibiti al trasporto sotterraneo, trascinano carponi, nelle basse gallerie, dei carrettini bassi e lunghi di minerale legati con una fune al piede, ecc.

Nelle miniere di carbone, ove vi è maggior spazio, il trasporto del materiale viene eseguito da manovali con casse a pattini, che si fanno slittare sul suolo, più o meno umido ed argilloso, del sotterraneo: nelle miniere metallifere più comunemente il trasporto è fatto col paleggio o colle carriole a mano.

L'effetto utile di questi trasporti varia enormemente da caso a caso; esso è però sempre assai basso, e perciò questi sistemi di trasporto sono limitati ai tratti ove, per la temporaneità del cantiere, non è conveniente fare alcun impianto.

404. I casi più favorevoli si verificano nelle miniere di carbone a strati sottili, inclinati, a muro duro, regolare e argilloso. Le grandi benne a pattini sono di castagno, pesano circa $30 \div 35$ Kg., e possono passare anche in gallerie di $0{,}80 \times 0{,}80$, trasportando $250 \div 300$ Kg. di carbone lungo percorsi che al massimo misurano $25 \div 30$ metri. Per distanze maggiori s'impiegano benne più piccole. Per dare un esempio di costo, il trasporto del carbone in un cantiere lungo 25 metri, nelle favorevoli condizioni sovra esposte, costa circa fr. 0,30 la tonnellata.

Per limitare i trasporti alle immediate vicinanze delle fronti di abbattimento, talvolta nelle miniere di carbone si stabiliscono, a breve distanza da esse, dei piani in legname, inclinati più di 25°

come già detto, oppure dei canali che adducono direttamente il materiale scavato nelle gallerie di carreggio.

Nelle coltivazioni che si sviluppano verticalmente, si praticano invece delle *trombe di getto* o dei *fornelli per minerale*, per far rapidamente discendere il materiale nelle gallerie principali. Nelle coltivazioni degli strati che si sviluppano con inclinazione, si aprono, infine, opportuni pozzetti in pendenza, oppure si stabiliscono dei piani inclinati automotori per vincere con facilità i dislivelli che corrono fra i cantieri e le gallerie di carreggio.

Nella fig. 121 si ha un esempio di tavolato in legname destinato a guidare il carbone nel sottostante fornello: è assai facile immaginare nella figura dei canali in lamiera, lungo i quali, o spontaneamente per l'inclinazione propria, o coll'aiuto di pale o di marre, scende il materiale.

Nella fig. 124 sono bene visibili le trombe di getto, o fornelli, aperti nel giacimento. Essi sono murati od armati con quadretti di legno disposti a reciproco contatto, ed inferiormente sono chiusi da una tramoggia, che rende facile il diretto caricamento del materiale nei vagoncini: È buona regola mantenere i fornelli costantemente pieni di materiale, poichè si favorisce la conservazione del rivestimento, ma quando ciò non è possibile, si dispone all'orificio del fornello una grossolana griglia per impedire il getto dei pezzi troppo pesanti. Trattandosi di carboni, i fornelli costantemente pieni evitano lo sminuzzamento dei pezzi.

In alcune miniere il rivestimento dei fornelli anzichè in legname (occorrono almeno 20 travetti per metro lineare di fornello, che costano una lira l'uno) si fa in pietrame o con dei conci di calcestruzzo di cemento. La manutenzione è così annullata. I fornelli si svasano leggermente verso il basso per evitare gli intasamenti.

In alcune miniere di carbone, coltivate a tagli montanti con piccola pendenza, od in direzione, si usano dei canali in lamiera, formati d'elementi di circa 3 metri di lunghezza, riuniti assieme e sospesi con catene ai quadri delle gallerie. Questi canali sono disposti in modo da riuscire coll'estremo sull'appiombo delle casse dei vagoncini che circolano nelle gallerie principali. Il carbone raccolto in questi canali, scende man mano fino al vagone, in grazia del movimento che riceve il canale dall'operaio che attende al lavoro. Con un'inclinazione di $10^0 \div 15^0$ un trasportatore di questo tipo può smaltire per una lunghezza di $15 \div 20$ metri anche 30 tonnellate di carbone all'ora. Così i vagoncini delle gallerie riescono automaticamente caricati.

Se il trasportatore è disposto orizzontalmente o leggermente montante, l'avanzata del materiale richiede un brusco arresto ad ogni escursione pendolare del canale, e lo si ottiene facilmente con un repulsore.

405. Quando la coltivazione si estende pianeggiante, si stabiliscono nei cantieri delle vie provvisorie orizzontali, munite di binario, sulle quali circolano dei piccoli vagoncini, che prendono il materiale alle fronti d'abbattimento e lo portano alle vie orizzontali di traino. Su tali vie provvisorie i vagoncini sono spinti da manovali. Se il giacimento è inclinato oltre 5° e le coltivazioni si sviluppano montando, si aprono delle vie inclinate, lungo le quali i vagoncini pieni di minerale scendono per effetto della gravità, mentre provocano la salita dei vagoncini vuoti, messi in relazione coi primi da funi. — Si hanno così i *piani inclinati automotori* sotterranei.

Veramente in molti casi questi trasporti si possono considerare come effettuati lungo vere linee principali di traino inclinate; noi tuttavia non faremo dei piani inclinati sotterranei alcuna distinzione al riguardo, fra quelli che servono direttamente il fronte di abbattimento e gli altri che possono mettere in relazione livelli diversi della miniera.

Nella fig. 137 è rappresentato in sezione verticale uno di tali piani inclinati in uno strato di carbone. La formazione al cielo della galleria, e cioè al tetto dello strato che si coltiva, come pure quella anteriore al piano inclinato, si suppongono tolte, per rendere visibile la figura. Si vede così la galleria del piano inclinato formata con quadri a tre gambe di legno e con cappello metallico, in modo da individuare due vie parallele e contigue. A valle del piano inclinato si osserva una placca in ghisa per favorire la rotazione di 90° dei vagoncini, onde disporli nella via orizzontale di traino. Superiormente, ossia a monte del piano inclinato, si scorge un'altra placca analoga alla precedente, collocata in modo da ricevere i vagoncini che arrivano dalle fronti di abbattimento. Due binari paralleli corrono lungo il piano inclinato, e sono percorsi contemporaneamente da un vagoncino carico di minerale che discende, e da un vagoncino vuoto che risale il piano. All'uopo i due vagoncini sono agganciati a due funi metalliche, che s'avvolgono in senso inverso sopra un verricello collocato orizzontalmente a monte del piano inclinato. Questo verricello è munito di un freno comandato da apposita leva. Quando a monte del piano giunge dalla galleria un vagoncino pieno, esso si dispone sulla

placca in modo conveniente per la discesa, e lo si fissa al capo della corrispondente fune del verricello, mentre una opportuna barriera chiude l'accesso sul piano, per impedire che detto vagoncino, sfuggendo per avventura agli operai, precipiti lungo il piano inclinato. Mentre quest'operazione si compie a monte, un vagoncino vuoto viene agganciato all'altra fune metallica alla base del piano.

Liberando il verricello dalla scarpa o dal nastro che lo frena, il vagoncino pieno comincia la discesa, mentre quello vuoto risale lungo il piano. Al termine delle corse rispettive i due vagoncini sono mandati a destinazione, e sostituiti con altri. Alla parte superiore del piano si vede la leva che comanda il freno del verricello e colla quale si governa la velocità di discesa del vagoncino pieno; si osservano inoltre nella figura le barriere automatiche di chiusura.

Inferiormente si rileva che il piano inclinato non immette di-

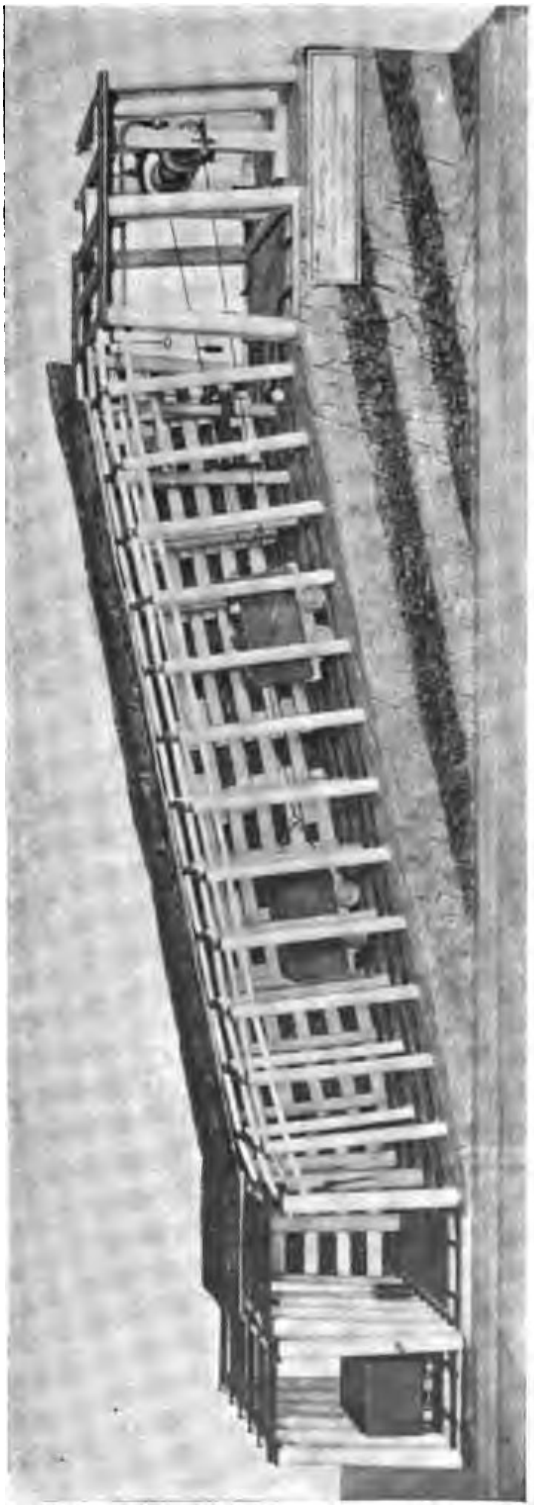


Fig. 137.

rettamente nella galleria di traino: ciò sarebbe pericoloso per gli accidenti che potrebbero accadere; esso invece immette in una svolta a fondo cieco, la quale comunica colla galleria principale.

Quando il vagoncino pieno di materiale è sceso al livello di questa galleria, lo si libera dalla fune, e girandolo di 90° su sè stesso, lo si spinge lungo la galleria verso il pozzo; intanto il vagoncino vuoto, che si vede in figura, viene portato all'altezza del piano inclinato, e fatto arrivare nella svolta, lo si aggancia al capo della fune che lo solleva lungo il piano per effetto della discesa di un nuovo vagoncino pieno.

Talvolta a monte si stabilisce una semplice puleggia di rinvio della fune; ai cui capi sono allora fissati alternativamente un vagoncino pieno ed uno vuoto. Questa puleggia è governata da un freno col quale si regola la velocità dei vagoncini lungo il piano inclinato.

Se la coltivazione invece di essere montante per rispetto all'inclinazione dello strato, fosse discendente, i vagoncini pieni andrebbero sollevati e quelli vuoti abbassati. In tal caso il verricello anzichè frenato, dovrebbe essere motore, e perciò azionato da una macchina motrice.

406. I piani inclinati sovente sono ad una semplice via: lungo il piano scorre allora un contrappeso. Questo, se il piano inclinato è automotore, nella discesa del vagoncino pieno viene sollevato, per cui nell'ulteriore sua discesa solleva il vagoncino vuoto. Se il piano richiede forza motrice, il contrappeso serve a regolare lo sforzo motore, equilibrando il peso morto del vagoncino.

Il contrappeso costituito da una massa di ghisa, scorre talvolta lateralmente al piano inclinato, ma più sovente in un apposito incavo disposto fra le rotaie, in modo che esso passa sotto al vagoncino in corrispondenza dell'incontro. I piani ad una sol via si adottano nelle gallerie ove il tetto è molto cattivo.

È poi ovvio, non essere necessario che il contrappeso abbia a percorrere tutto il piano inclinato; può percorrerne solo un tratto, oppure muoversi in un pozzetto, se il verricello installato a monte ha un doppio avvolgimento.

Si possono anche far circolare su un piano inclinato ad una via due vagoncini, come fu detto in precedenza, abolendo così il contrappeso. Il piano inclinato deve allora presentare a metà della sua lunghezza uno scambio pel passaggio dei vagoncini. Talvolta i piani inclinati doppi, anzichè di quattro rotaie, sono costituiti da tre sole con uno scambio a metà lunghezza.

Quando il piano raggiunge una inclinazione che supera 20° ÷ 30° riesce difficile raccordarlo colle gallerie orizzontali a cui arriva: inoltre il vagoncino assume una posizione troppo inclinata, e molto facilmente lascia sfuggire parte del materiale. Si tentò di adottare vagoncini speciali con la cassa mantenuta verticale mediante una sospensione a bilico, coll'asse verso il bordo superiore della cassa, ma la soluzione non diede buoni risultati pratici. Una soluzione vantaggiosa, che permette di diminuire le manovre agli estremi dei piani inclinati, e rende possibili e spedite le manovre alle eventuali stazioni intermedie, consiste nel munire di due *carrelli portanti* o *truck* gli estremi delle funi del piano inclinato a due vie. Essi, scorrendo sulle rotaie, sostengono una piattaforma orizzontale, destinata ad accogliere il vagoncino ed a permettergli di passare direttamente dalla galleria d'arrivo al piano inclinato. Nel suo percorso lungo il piano, la piattaforma passa successivamente a livello delle gallerie dalle quali giungono i vagoncini, o nelle quali i vagoncini devono essere inviati.

Naturalmente il piano della piattaforma deve corrispondere al piano delle rotaie delle gallerie di livello. In questo modo le manovre riescono spedite, non dovendosi sterzare sul posto di 90° i vagoncini, come vedemmo essere necessario per i piani inclinati senza carrello portante.

407. Dai piani inclinati a due vie parallele con due funi che si avvolgono in senso inverso sopra uno stesso verricello, oppure con una fune unica che abbraccia una puleggia a gola, frenabile, si passa ai piani inclinati con fune continua. Basterà infatti supporre due puleggie, una posta a monte e l'altra a valle del piano inclinato, fra le quali corre una fune senza fine. La puleggia inferiore, scorrevole sui proprii sopporti, serve anche a tendere la fune. Questi piani inclinati a fune continua sono particolarmente raccomandabili quando si ha grande traffico e si tratta di adoprare lo stesso piano per più vie orizzontali, che intersecano a diversi livelli il piano: in questi casi, alle intersezioni, il piano si costruisce quasi orizzontale per facilitare le manovre dei vagoncini. La fune è generalmente di canape con anima metallica: essa passa sopra i vagoncini, i quali sono ad essa fissati mediante un pezzetto di catena; questa si avvolge due o tre volte sopra la fune, cui si fissa, facendone passare il capo, munito di una sbarretta o passante di ferro, in una maglia più grande della catena.

Per ragioni di sicurezza i piani sotterranei sono muniti di barriere, che impediscono la eventuale fuga del vagoncino lungo il

piano inclinato, prima che sia attaccato alla fune. Solo nei piani con carrello portante si può far a meno di tale dispositivo. Sovente negli ordinari piani, e specialmente in quelli a fune continua, la barriera è formata da una solida catena di ferro fissata ad un estremo e che si tende attraverso al piano inclinato. Siccome però l'operazione può essere dimenticata dagli operai, così si preferiscono in generale le barriere automatiche, le quali rimangono chiuse normalmente, e solo si aprono con apposita manovra. Il vagoncino che discende, rimette a posto la barriera che fu spostata per dargli passaggio. In altri casi, essendo i piani doppi, le barriere sono disposte in guisa che, aprendosi una delle due vie per permettere la discesa del vagoncino, necessariamente si chiude l'altra: la barriera però è fatta in modo da permettere il passaggio al vagoncino che sale, opponendosi ad una ulteriore sua discesa qualora, oltrepassata la barriera, il vagoncino tendesse a tornare indietro.

Infine, sovente s'impiegano barriere doppie, fra loro combinate in modo che mentre l'una viene aperta, l'altra, posta a breve distanza sulla stessa via, necessariamente si chiude. Occorre allora una doppia manovra per aprire la via al vagoncino, mentre la stessa via rimane costantemente chiusa dall'una o dall'altra barriera. In questo modo s'evitano gli inconvenienti che possono nascere da false manovre degli operai o da dimenticanze.

Fra le barriere, che sono di diversi tipi, si citano quelle completamente automatiche Yaumain, nelle quali la barriera superiore non s'apre che quando il vagoncino inferiore, vuoto, ha cominciato la sua ascesa lungo il piano.

Per quanto riguarda i dettagli delle installazioni dei piani inclinati e dei relativi apparecchi di sicurezza rimandiamo al capitolo seguente.

408. *b) Trasporti lungo le gallerie principali di traino.* — Giunto il minerale a queste gallerie, è trasportato lungo esse al pozzo o direttamente all'esterno.

Il trasporto lungo queste arterie si fa sempre nei *vagoncini* normali, i quali hanno in generale forma e dimensioni eguali a quelli che vedemmo servire per la discesa del materiale lungo i piani inclinati. Il carico di questi vagoncini, quando non arrivano già pieni alle gallerie principali, si compie automaticamente, portandoli sotto i fornelli o le trombe di getto. Queste sono all'uopo munite inferiormente di casse o tramoggie, che permettono di far cadere, quando si vuole, il minerale nei vagoncini sottostanti.

Ci occuperemo ora dei vagoncini, dell'armamento delle gallerie di traino e dei mezzi di trasporto.

Vagoncini. — I vagoncini delle miniere presentano tipi differenti nelle diverse regioni; essi sono a quattro ruote. Le dimensioni variano coll'ampiezza delle gallerie entro le quali devono circolare, col peso del materiale che devono trasportare, colla pendenza e colle altre condizioni delle strade.

Se i vagoncini devono essere manovrati da manovali, il peso del carico, e quindi la capacità dei vagoncini, si dovrà limitare in relazione allo sforzo che possono esercitare due manovali per rimettere il vagone sulla strada in caso di deragliamento.

Nelle miniere di carbone il vagoncino ha forma allungata ed una capacità media di $6 \div 7$ ettolitri: in quelle metallifere la capacità è minore, perchè il materiale ha un peso specifico molto superiore rispetto al carbone.

Nel vagoncino si distinguono due parti, e cioè: il *telaio* colle ruote e la *cassa*.

Il telaio è generalmente di legno, tuttavia in molte miniere s'usano con profitto telai in ferro, costituiti da ferri a ⊏ tenuti agli angoli da placche chiodate e rinforzati nelle unioni con squadre.

Inferiormente al telaio sono applicati gli assi delle ruote: Questi sono relativamente avvicinati, per rendere facile la rotazione del vagone su sè stesso o sopra curve di piccolo diametro.

Gli assi portano le ruote, le quali sono generalmente di ghisa, del diametro di circa $25 \div 30$ centimetri.

Le ruote dei vagoncini da miniera devono essere particolarmente robuste, e perciò esse, sovente, sono piene, o munite solo di vani circolari per diminuirne il peso. La ghisa delle ruote deve essere tenace e nello stesso tempo dura alla corona.

Le ruote sono soventi folli sull'asse. Il rapporto fra il diametro della ruota e il diametro del perno è circa $\frac{1}{10}$ per conciliare la solidità dell'asse colla facilità del movimento che reclama perni di piccolo diametro.

In molte miniere si impiegano pei vagoncini degli assi montati, cioè colle ruote calettate sull'asse; questa disposizione dà al vagoncino maggior stabilità, ma esige nella galleria curve piuttosto dolci; si rimedia in parte all'inconveniente che deriva dallo slittamento di una coppia delle ruote nelle curve, aumentando la conicità della fascia esterna, e lasciando un certo gioco fra il ribordo della ruota e la rotaia.

Talvolta si ricorse ad una soluzione intermedia, montando su ogni asse una ruota calettata e l'altra folle.

L'ingrassatura delle ruote dei vagoncini si ottiene, nel modo più semplice, praticando nel mozzo della ruota un foro che arriva fino all'asse. Dopo un certo percorso, tutte le ruote sono ingrassate da un ingrassatore che introduce per mezzo del foro il lubrificante sui perni: molte volte l'ingrassatura è invece confidata agli stessi manovali che spingono il vagoncino; generalmente allora si verifica uno sciuplo d'olio o di grasso: Convengono gli oli viscosi.

Preferibile è il sistema d'ingrassatura permanente o continuo. Vi sono numerosissime disposizioni per realizzarlo: Il mozzo della ruota è chiuso da una calotta sferica bullonata sul telaio: un'apposita apertura, che si può chiudere con un tappo a vite, permette l'introduzione del grasso in una specie di serbatoio o scatola a grasso, praticata nello spessore del mozzo. Se invece l'asse delle ruote è reso tubolare, come talvolta s'usa per diminuire il peso morto del veicolo, si trae partito del vuoto cilindrico, che si fa servire come serbatoio del grasso, il quale arriva a contatto del mozzo mediante un opportuno foro praticato nel perno. — Infine, quando le ruote sono calettate sugli assi, i serbatoi di grasso, anzichè trovarsi esternamente come nei vagoni ferroviari, sono applicati ai due supporti che sostengono il telaio.

Coi sistemi di ingrassamento continuo si realizza una economia assai sensibile di lubrificante, ma si aumenta il peso morto del vagoncino.

Si usa generalmente per lubrificare i vagoncini o dei grassi od una mescolanza di olio e grasso, o gli oli che già servirono per motori o trasmissioni e che non sono più atti alla filtrazione.

Il consumo, del resto assai variabile da miniera a miniera, può nelle condizioni più favorevoli, abbassarsi a 20 ÷ 30 gr. d'olio al giorno e per vagoncino.

È conveniente usare buoni lubrificanti per economia dei trasporti.

Cassa. — La cassa del vagoncino posa sul telaio. La sezione orizzontale della cassa è generalmente rettangolare: oppure ovale. Il fondo delle casse è piano, oppure talvolta semicircolare. La forma della cassa è in relazione al materiale che si adopra nel costruirla, ed all'unione che si adotta col telaio. La cassa colla sua forma e posizione sul telaio non deve innalzare troppo il centro di gravità del vagoncino, nè rendere il vagoncino troppo alto.

Le casse sono di legno oppure di ferro. Generalmente si preferiscono i vagoncini in ferro per le minori spese di riparazione che richiedono. Le casse sono formate con lamiere di acciaio dolce, rinforzate con ferri piatti ed agli angoli con ferri angolari.

In Germania s'usano pei vagoncini casse piuttosto lunghe; da noi di preferenza il rapporto fra la larghezza e la lunghezza è $\frac{1}{1.2}$. Le lamiere hanno circa $3 \div 4$ mill. di spessore.

La cassa rettangolare ha generalmente mobile una delle sue pareti verticali minori (fig. 138); la cassa è fissata al telaio da una parte con cerniere e dall'altra con un gancio, in modo da poterla sollevare e vuotare. Talvolta la cassa, semicilindrica alla parte inferiore, può ruotare attorno ad un asse longitudinale. Il vuotamento avviene allora di fianco.



Fig. 138.

Molte miniere però adottano le casse fissate sul telaio ad allora per il rovesciamento dei vagoncini si adoprano i *culbuteur* o rovesciatori automatici. — L'antico vagoncino in Francia si chiamava *chien de mine*, traduzione della parola *Hund* tedesca, che significa *cane*. Ma in realtà la voce Hund tedesca, che passò tradotta in *dog* in inglese, adoperata per indicare i vagonetti da miniera, pare sia la corruzione di un suono analogo slovacco che significa « vettura ».

Il peso ordinario di un vagonetto di $^1/_2$ m^3 in lamiera è circa $300 \div 400$ kg.: esso costa circa 200 lire.

409. *Armamento delle gallerie con binari.* — L'uso delle rotaie per guidare i vagoncini si introdusse nelle miniere assai prima che alla superficie, colle rotaie di legno; dopo il 1820 però anche nelle miniere si introdussero le rotaie di ferro.

Oggi convengono, per armare gallerie, rotaie d'acciaio del tipo analogo a quello delle ferrovie, e cioè Vignole a fungo ed a suola. Mentre però il peso delle rotaie delle ferrovie ordinarie è di 34 kg. il metro, le rotaie da miniera pesano solo da 4 a 9 kg. il metro: nei lunghi percorsi, ove il traffico è anche rilevante, talvolta si adottano tipi più robusti per risparmio di manutenzione.

L'altezza dello stelo delle rotaie è di $50 \div 60$ mill.

Lo scartamento dei binari da miniera è di circa $50 \div 65$ cent. Le

rotaie sono fissate sopra traversine di 0.12×0.10, generalmente di rovere, poste a 0.60 ÷ 1 m. di distanza l'una dall'altra, con arpioni analoghi per forma a quelli usati nelle ferrovie. Generalmente si uniscono anche le rotaie fra loro con stecche, per evitare i soprassalti del vagonetto nel passaggio dall'una sull'altra rotaia.

Nelle miniere non s'usa ballast: talvolta si spargono fra le rotaie sabbie o ceneri per creare una buona via pei manovali che spingono i vagonetti od i cavalli. In alcune miniere di Germania, utilizzando vecchi legnami, si stabilisce fra le rotaie una pavimentazione in legno, per favorire specialmente la marcia dei cavalli.

Il prezzo di un metro di binario da 4 kg. in galleria è all'incirca presso noi il seguente:

M.	2 rotaie kg. 8	L. 2.40
»	0,77 stecche d'unione kg. 0.280 .	» 0.12
N.	2 traversine 10 × 12	» 1.70
»	16 arpioni kg. 0.900	» 0.59
Mano d'opera		» 0.12
	Totale . . .	L. 4.93

410. *Deviazioni, aghi, placche,* ecc. — Nelle gallerie da miniera tutti questi accessori sono ridotti alla maggior semplicità possibile. Quando i vagoncini sono spinti da manovali, le deviazioni sono ottenute senza aghi, per mezzo di placche d'invito di ghisa: i manovali, che spingono i vagoni, appoggiandoli lateralmente contro l'uno o l'altro binario, li guidano nella direzione voluta.

Se il trasporto è fatto con cavalli o con locomotive, occorrono allora aghi mobili, manovrabili a mano o automatici. Non ci fermiamo in questi dettagli, nè sulle controguide, ecc. che occorrono nei punti singolari, ritrovandosi queste particolarità in tutti gli ordinari impianti di guidovie.

Negli incroci delle gallerie si usano delle placche di ghisa con opportuni ribordi, sulle quali si compie la rotazione del vagoncino necessaria per imboccare la nuova via. Talvolta s'usano anche piccole placche girevoli.

Alle *recette* del pozzo generalmente finiscono i binari contro placche a cuore per dar invito ai vagoni che arrivano. La recetta è sovente pavimentata con lastre di ghisa per facilitare le manovre dei vagoni in ogni direzione.

411. *Pendenza dei binari.* — Le gallerie delle miniere, per la necessità di favorire lo scolo delle acque, devono presentare una

inclinazione verso il pozzo o verso l'esterno. Tale pendenza riesce evidentemente favorevole al trasporto dei minerali scavati a monte, ma viceversa è sfavorevole pel ritorno dei vagoni vuoti ai cantieri d'abbattimento. Una pendenza eccessiva della strada verso il pozzo o verso l'esterno riescirebbe dannosa, perchè obbligherebbe a trattenere o frenare i vagoncini pieni nel loro movimento di discesa. Conviene quindi scegliere per le gallerie una pendenza tale che, mentre favorisce in una certa misura il movimento dei vagoncini pieni, non esige un eccessivo lavoro per rimontare in senso inverso quelli vuoti.

La pendenza che possiamo assumere come *neutra* è quella detta di *eguale resistenza* e che, cioè, richiede eguale lavoro sia per spingere il vagoncino pieno al pozzo, come per farlo ritornare vuoto al punto di partenza. Tale pendenza è calcolabile caso per caso, noto il peso P del carico di minerale, il peso P' del vagoncino e P'' delle ruote. Detta $i = \operatorname{tg} \alpha$ la pendenza per metro della linea, ed f il coefficiente d'attrito, che si manifesta tra la ruota di raggio R ed il mozzo di raggio r, risulta per la discesa uno sforzo:

$$rf\,(P+P') - R\,(P+P'+P'')\,\operatorname{sen}\alpha$$

e per la salita del vagoncino vuoto uno sforzo:

$$rf\,P' + R\,(P'+P'')\,\operatorname{sen}\alpha$$

per cui, eguagliando:

$$\operatorname{sen}\alpha = \frac{r}{R}\cdot\frac{fP}{P+2(P'+P'')} \qquad (1)$$

In generale si fa $r = 0.10\,R$, $P'+P'' = 0.4\,P$; e potendosi ritenere $f = 0.10 \div 0.13$ risulta, facendo astrazione dell'attrito fra la ruota e la rotaia:

$$\operatorname{sen}\alpha = 0.0055.$$

Siccome per α piccolo $\operatorname{sen}\alpha = \operatorname{tg}\alpha$, si può dire che la pendenza neutra è di circa $5.5\,{}^{0}/_{00}$ nel caso particolare considerato.

Possiamo facilmente determinare anche la *pendenza d'equilibrio,* quella cioè per cui la componente inclinata del peso del vagoncino carico è uguale all'attrito volvente che si oppone al moto.

Deve essere in tal caso soddisfatta l'eguaglianza:

$$\text{sen } \alpha \, (P + P' + P'') = \frac{f r}{R} (P + P')$$

e quindi:

$$\text{sen } \alpha = \frac{r}{R} \frac{f(P + P')}{P + P' + P''} \qquad (2)$$

Con approssimazione si può ritenere $P'' = 0.10\, P^1$; sostituendo si ottiene:

$$\text{sen } \alpha = \text{tg. } \alpha = \div 0.009$$

ossia: *la pendenza d'equilibrio è alquanto superiore a quella d'egual resistenza.* Si vede quindi quanto sia necessario di non esagerare nella pendenza dei binari in galleria, altrimenti il vagone, se non è frenato, tende a sfuggire ai manovali, accelerando il proprio movimento di discesa e costituendo così un pericolo per chi transita ancorchè esistano le nicchie di riparo, di cui all'art. 10 del Regolamento 18 giugno 1899, n. 231, nelle gallerie.

Si può determinare sperimentalmente il coefficiente totale d'attrito F, valendosi di un tratto di linea in pendenza e contropendenza: si dispone un vagoncino a monte e lo si lascia scendere e rimontare. Se l ed l' sono le lunghezze percorse, h ed h' i dislivelli degli estremi delle livellette, detto Q il peso del vagonetto, si ha:

$$Q h - Q l F = Q h' - Q l' F$$

da cui:

$$F = \frac{h - h'}{l - l'}$$

La stessa esperienza potrebbe condursi sopra una livelletta inclinata, a cui faccia seguito un tratto orizzontale. Eseguendola poi sul solo telaio del vagonetto, si può determinare sperimentalmente il coefficiente f d'attrito volvente dei perni.

Determinato così all'incirca il valore di F, nei limiti ordinari delle miniere da alcuni si ritiene $i = \frac{F}{1.80 \div 2}$ nel caso di pendenze d'egual resistenza ed $i = F$ nel caso di pendenze d'equilibrio.

Noto il coefficiente d'attrito totale F si può determinare la forza di trazione $R = F Q$ per un vagoncino di peso totale Q, spinto in piano; F si ritiene eguale a 0,011.

412. **Motori animati.** — Il motore più frequentemente impiegato nei trasporti sotterranei è l'uomo, il quale può essere adibito al trasporto

a spalla, od a spingere il vagoncino. Nel primo caso l'effetto utile è ridotto a circa $^1/_2$ tonn. chilometrica; nel secondo, e nelle migliori condizioni — cioè effettuando il trasporto in vagoncini sopra rotaie — il lavoro raggiunge 5 tonn. km. in trasporti orizzontali ed anche più. Quando l'uomo compie inoltre il caricamento, e lo scarico del vagoncino, l'effetto utile diminuisce notevolmente. Dato il prezzo delle giornate degli operai, riesce facile determinare il costo del trasporto della tonn.-km. nelle migliori condizioni.

Ecco alcuni dati relativi al trasporto nei sotterranei: Il costo, specialmente per piccole distanze, varia notevolmente, secondochè il caricamento è fatto colla pala o da tramoggie, e cioè automatico. Con vagoncini di mezzo metro cubo, che pesano 400 chilogrammi, in gallerie con pendenza normale, si può ritenere:

Lunghezza del percorso	N.° viaggi per coppia		Tonn.-kilom.		Costo per tonn.	
	Caricamento		Caricamento		Caricamento	
	a cassa	a pala	a cassa	a pala	a cassa	a pala
150	20	12	3,00	1,8	0,24	0,40
500	10	8	5,00	4,0	0,48	0,60
700	9	8	6,30	5,6	0,53	0,60
900	7	7	6,30	6,3	0,68	0,68
1000	6	6	6,30	6,3	0,68	0,68

Ogni vagone è spinto da due manovali adulti: il ritorno è a vuoto.

Ecco altri dati che si riferiscono a miniere di carbone francesi e che danno esempio di carreggi condotti sopra buone strade:

Località	Pendenza della via	Distanza media percorsa per viaggio	Num. dei viaggi al giorno	Effetto utile in TK.	Peso carico	Peso morto vagonetto
Bessège	0,009	m. 1130	9,5	9,6	880	390
Courrière	0,006	» 150	50	3,2	430	190
Lievin	0,008	» 150	65	3,9	400	200
Noeux	0,005	» 99	60	2,67	450	175

Questi dati mostrano le notevolissime differenze nell'effetto utile misurato in tonn.-km. dovute all'impiego d'operai più o meno robusti ed abili, alla distanza dei trasporti, allo stato di perfezione del materiale mobile, alla sua capacità, alle condizioni dell'armamento, alle dimensioni delle gallerie, ecc.

413. Nelle miniere di carbone, sopratutto in Inghilterra, ove gli strati essendo piuttosto potenti e poco inclinati è possibile giungere con buone gallerie in prossimità ai cantieri di abbattimento, l'impiego dei cavalli per trainare i vagoncini è largamente adottato. Il sistema si è pure sviluppato negli altri paesi, poichè il traino coi cavalli, se di qualche lunghezza, riesce più economico di quello fatto con manovali, il cui reclutamento è anche in alcune contrade difficile.

Le vie sulle quali s'effettua il traino a cavalli, devono sempre essere di eguale resistenza, in modo che il cavallo sviluppi uno sforzo pressochè costante, sia nell'andata come nel ritorno.

Il trasporto con cavalli riesce particolarmente vantaggioso quando si tratta di percorrere lunghe distanze, superiori a 500 m. La velocità media del cavallo è di m. 0.70 per 1″. Lungo il percorso si stabiliscono diverse riprese, in relazione alla quantità di materiale che giornalmente si deve trasportare, cioè si avvicinano i ricambi quanto è necessario per esaurire il trasporto nella giornata. Si ha inoltre riguardo di disporre le bestie più forti nei tratti di strada più faticosi. Tuttavia però si preferisce generalmente far percorrere ai cavalli l'intera linea, disponendoli sia nell'andata come nel ritorno, di seguito uno all'altro. — Quando nel percorso vi sono delle pendenze, ai cavalli si fa esercitare il tiro in piano per quanto è possibile, adoperando un attacco con fune.

Hanno influenza sull'effetto utile dei cavalli l'aerazione delle gallerie, deperendo il cavallo rapidamente nell'aria viziata, le pendenze delle gallerie sulle quali si compie il traino, e infine la distanza totale del percorso e le distanze che corrono fra le riprese.

Siccome pel mantenimento e pel governo costa egualmente un cavallo forte come un cavallo debole, così si devono scegliere pei trasporti all'interno dei buoni cavalli, e curarne il più possibile la conservazione.

Secondo l'ampiezza delle gallerie, si impiegano dei cavalli normali, capaci d'uno sforzo di trazione di oltre 80 kg., o dei mezzi cavalli, o *poney*, capaci di uno sforzo di 50 kg. Un cavallo normale può percorrere al giorno 30 km., di cui 15 in carico; un poney fa 10 ÷ 20 km. al giorno, di cui 10 sotto carico.

L'effetto utile dei trasporti con forti cavalli sopra percorsi di 1500 m. in buone gallerie, trasportando 8 ÷ 10 tonn. per viaggio, raggiunge 80 ÷ 100 tonn.-km.; con piccoli cavalli solo la metà. In alcune miniere della Spagna s'impiegano largamente nei trasporti interni i muli.

Conoscendo il coefficiente d'attrito totale F riesce semplice calcolare quanti vagoncini può trainare un cavallo sopra un binario di egual resistenza. Se un cavallo sviluppa uno sforzo di q kg. (da 50 a 100), il numero n di vagoncini vuoti, di peso P^1, costituenti il treno, è dato da:

$$q = n\,[F\,P' + P^{1''}\,i]$$

mentre il numero di quelli pieni è dato da:

$$q = n\,[F(P + P') - (P + P^{1''})\,i]$$

Assumendo per i la pendenza conveniente per l'egual resistenza, si otterrà per n lo stesso valore nella prima e nella seconda equazione e cioè il cavallo nei due viaggi di andata e ritorno, trainerà lo stesso numero di vagonetti.

Nelle miniere di carbone si attaccano i cavalli forti a treni di almeno 12 vagoncini, di cui ognuno contiene 500 kg. di carico utile: i poney trascinano 6 ÷ 8 vagoncini nelle stesse condizioni.

Nelle miniere metallifere, ove le gallerie sono generalmente sinuose, i treni sono di due o tre vagoncini solamente e talvolta di un solo vagone grande: il costo della tonn.-km. sale allora a L. 0,25 ÷ 0,35.

Nelle gallerie delle miniere profonde, i cavalli si abbassano al livello dove devono lavorare, dal pozzo d'estrazione: essi all'uopo sono sospesi sotto la gabbia, in una forte imbragatura di cuoio che possa sorreggerli: le gambe si legano fra loro in guisa che il cavallo non possa svincolarle, e così pure colla capezza si fissa la posizione della testa. Naturalmente i cavalli soggiornano nelle scuderie sotterranee, dove, se la ventilazione è buona, il cavallo non soffre, come lo dimostra il pelo bello e lucente di cui si veste.

In parecchie miniere della Vestfaglia si mostrano al visitatore cavalli che vivono da 15 ÷ 20 anni nel sotterraneo in perfetto stato di conservazione.

Se le gallerie nelle quali si compie il carreggio a cavalli sboccano all'esterno, i cavalli sono giornalmente portati alle scuderie ordinarie, dopo che hanno compiuto le ore di lavoro stabilite. I

conduttori del sotterraneo devono essi stessi portare i cavalli alla scuderia e consegnarli allo scudiere, come pure devono andare a riprenderli alla scuderia, e ciò per accertare le responsabilità in caso di danneggiamento ai cavalli.

414. **Motori meccanici.** — Ci occuperemo dapprima delle locomotive che servono ai trasporti, ed in seguito degli impianti di trazione meccanica con motori fissi.

Locomotive. — Le locomotive a vapore sono usate, per ragioni ovvie, eccezionalmente nei lavori sotterranei: si impiegano invece talvolta locomotive a reazione chimica, ad acqua calda, a benzina, ad aria compressa e più sovente elettriche.

Le locomotive sotterranee permettono percorsi alquanto sinuosi, e rendono possibile nelle arterie principali della miniera un traffico assai più intenso che coi cavalli, pur avendosi una dotazione non molto forte di materiale rotabile.

Locomotive senza fuoco. — Nelle quali, cioè, il calore è prodotto con reazione chimica: furono applicate solo in via d'esperimento, però senza successo. Honigmann ad es. propose per generare calore, di idratare della soda caustica col vapore di scarico della locomotiva, la quale, dopo che era attivata, continuava così a funzionare senza fuoco, finchè non era esaurita la riserva della soda: si doveva poi evaporare in una stazione di rifornimento la soluzione. Queste locomotive furono esperimentate nel 1889 nelle miniere del Mansfeld.

Locomotive ad acqua calda. — Contengono in apposita caldaia dell'acqua riscaldata ad oltre 200°, la quale, essendo a pressione superiore a 15 atmosfere, può somministrare per qualche tempo vapore. La temperatura dell'acqua e quindi la pressione del vapore, però si abbassa rapidamente coll'esercizio, per cui queste locomotive si applicarono solo nelle miniere ove le gallerie, sboccando all'esterno, permettevano di riattivare il fuoco e di riportare nell'acqua la necessaria provvista di calore. La casa Strauss di Monaco costrusse locomotive di questo tipo.

Locomotive ad aria compressa. — Migliore successo ebbero queste locomotive. Esse constano essenzialmente di un serbatoio, il quale si carica, in una stazione, con dell'aria compressa a 30 ÷ 40 atmosfere, che è poi somministrata agli stantuffi motori come fosse vapore. Prima di giungere agli stantuffi l'aria passa attraverso un recipiente contenente dell'acqua calda, ed in seguito passa per una valvola di riduzione di pressione. Queste locomotive furono applicate alle miniere di Graissennac in Francia, e maggior diffusione

ebbero in America. Esse consumano circa 1 kg. di aria compressa a 40 atmosfere per tonn.-km.: evidentemente la compressione dell'aria a così forte pressione non è economica. Due locomotive ad aria compressa erano pure in servizio nei lavori del traforo del Sempione.

Locomotive a benzina. — Esse entrarono recentemente nelle miniere con risultati promettenti. A Mechernich ed in due miniere del Belgio sono in funzione delle locomotive a benzina di 8 cavalli di forza, del sistema Otto, anzi una delle dette miniere belga è con grisou: occorre tuttavia nel sotterraneo un'energica ventilazione.

Locomotive elettriche. — Le locomotive elettriche si diffusero, specialmente nelle miniere di carbone. Le locomotive ad accumulatori presentano l'inconveniente del forte peso morto, e quindi sono solamente adottate ove si ha grisou (es. a Noeux e Vicogne in Francia); esse richiedono una stazione alimentatrice sotterranea ben ventilata ed indipendente dai cantieri. Inoltre domandano particolari condizioni di linea: Il motore è chiuso ermeticamente in una cassa metallica e riesce ventilato per mezzo d'un serbatoio d'aria compressa che è unito alla locomotiva e che si ricambia contemporaneamente agli accumulatori.

Le locomotive a *trolley* sono le più diffuse ed ormai si contano tipi assai numerosi sia in America come in Europa: generalmente sono a corrente continua ed il ritorno della corrente si fa colle rotaie, tuttavia in alcuni casi può essere conveniente stabilire due conduttori in corona alla galleria o lateralmente lungo essa, come nel sistema Novak, e la locomotiva porta allora, anzichè il solito trolley, due braccia laterali che s'appoggiano ai conduttori, Questa disposizione è sopratutto raccomandabile quando vi sono linee che si incrociano.

La corrente trifasica è raramente adoprata nella trazione con locomotive elettriche in miniera, per la grande complicazione che presenta la posa dei tre conduttori lungo le gallerie che devono essere percorse dalla locomotiva alternativamente nei due sensi. Alla miniera d'antracite della Mûre, presso Grenoble, è installata una locomotiva trifasica costrutta sui tipi della casa Ganz.

Le locomotive monofasi non furono ancora sperimentate nelle miniere.

Fra i diversi tipi di locomotive elettriche sotterranee, quelli simmetrici americani, massicci e chiusi, sono da preferirsi.

Le locomotive elettriche presentano una grande velocità di traslazione, non richiedono impianti particolarmente costosi e, se a *trolley*, richiedono una spesa d'esercizio relativamente piccola.

415. *Trasporti per macchine fisse.* — Le locomotive sotterranee in genere non sono applicabili se la pendenza della linea supera il $4 \div 5\ \%$. Si ricorre allora ai trasporti per *macchine fisse:* il motore può essere azionato in un modo qualunque, col vapore, coll'acqua, coll'aria compressa, coll'elettricità. In ogni caso si dovrà giudicare qual sistema di trasporto dell'energia sarà più conveniente nelle speciali condizioni della miniera.

Per portare il materiale abbattuto dalle fronti ai vagoncini delle gallerie principali, si adattarono in alcuni casi ai trasportatori a canale, dei piccoli motori ad aria o elettrici.

Noi ci occuperemo solo del trasporto dei vagoncini lungo le gallerie principali della miniera che si compie mediante sistemi funicolari.

Nei trasporti per fune, distingueremo:

1° trasporto con fune di testa e di coda del treno;

2° trasporto con catena o con fune senza fine.

Il primo sistema è particolarmente diffuso in alcune Contee inglesi *(Main and tail rope).* Esso richiede una sola via ed il traffico si compie per treni di vagoni: il funzionamento è quindi intermittente ed al termine di ogni corsa si devono smistare i treni ai capilinea. La macchina fissa mette in moto alternativamente due tamburi per mezzo di un innesto. Sopra i tamburi s'avvolgono due funi metalliche, di cui una va alla testa del treno, formato alla stazione di partenza, e l'altra alla coda. Naturalmente vi è una puleggia di rimando al termine della linea. La fune di testa corre generalmente sull'asse del binario sostenuta da rulli, quella di coda è sostenuta con altri rulli al tetto della galleria fino all'estremità della linea, ed è di sezione minore della precedente, dovendo provvedere solo al ritorno dei vagoncini vuoti. Preparato il treno, si mette in azione la puleggia della fune di testa, che lo tira verso la stazione d'arrivo, mentre dall'altro rullo si svolge la fune di coda, la quale deve avere lunghezza doppia della linea. Giunto il treno alla stazione d'arrivo, si attacca la fune di coda al nuovo treno di vagoncini vuoti da rimorchiare e quella di testa alla coda di detto treno. Si dà, per mezzo dell'innesto, movimento al secondo rullo sul quale si avvolgerà la fune di coda, mentre la fune di testa si svolgerà dal rullo rispettivo, e distendendosi sulla linea sarà pronta per il trasporto successivo.

Il sistema ha velocità di $4 \div 6$ m. al 1″; esso si presta anche lungo linee alquanto sinuose, disponendo opportuni rulli per guidare le funi: si presta pure a diramazioni laterali con pulegge di

rinvio. Il sistema non si applica su linee inclinate, per le quali la fune di coda diviene superflua, occorrendo invece frenare il motore.

Il tail-rope semplice, quale fu spiegato, comporta delle varianti: può essere munito di due motori ai capi della linea e può possedere la linea a doppio binario: Allora è a doppio traffico.

416. *Catena senza fine portata dai vagoncini.* — L'impianto consiste in una catena continua, pesante $5 \div 8$ chilogrammi al metro, che passa alle estremità della linea sopra due puleggie, di cui una motrice.

In corrispondenza ai due rami della fune corrono gli assi di due binari paralleli, posti nella galleria lungo la quale si deve effettuare il trasporto.

La puleggia motrice generalmente è ad impronte per impedire lo slittamento della catena, oppure del tipo Fowler, munita cioè alla periferia di piccole tanaglie che chiudono automaticamente al passaggio la catena.

Il sistema di trasporto con catena portata si presta alle curve con un semplice artificio: la catena, in prossimità della curva, è sollevata da rulli ed al binario si dà una pendenza tale che il vagoncino continua, per effetto della gravità, nel suo movimento, e va ad impigliarsi automaticamente sotto la nuova catena, per continuare nell'altro tratto di strada rettilinea.

La catena portata ammette lungo il percorso pendenze e contropendenze, anzi le prime creano un lavoro positivo che è utilizzato nelle seconde.

La catena ai capi della linea è alquanto rialzata dal suolo, trovandosi le puleggie collocate ad una altezza dal binario superiore all'altezza dei vagonetti. Questi sono spinti sul binario, s'impigliano sotto la catena e la seguono nel movimento. Si troveranno così disposte sotto i due rami della catena, due serie di vagoncini spaziati di parecchi metri l'uno dall'altro, e mentre l'una serie procede in un senso, l'altra si muove in senso opposto.

A differenza dei sistemi precedenti, il traffico lungo la linea è quindi continuo, il motore esercita uno sforzo costante ed i vagoncini, pieni o vuoti, man mano che arrivano alle teste di linea sono mandati sotto i rispettivi rami della catena, per cui non si hanno ingombri periodici di vagonetti ai capolinea, come avviene necessariamente all'arrivo dei treni coi precedenti sistemi.

La velocità di traslazione della catena varia nei diversi impianti da m. 0,75 a m. 1,50; essa deve esser tale che, in relazione al numero dei vagonetti che debbono transitare, la distanza fra essi

non superi 30 metri; e ciò per impedire alla catena di toccare il suolo.

417. *Trasporti con funi in corona della galleria.* — Questi trasporti, originari dell'Inghilterra, presero molto sviluppo in Germania, sostituendo con vantaggio i trasporti a cavalli. Una fune d'acciaio senza fine passa sopra una speciale puleggia motrice, generalmente a più gole guarnite di legno per assicurare l'aderenza: La fune è sostenuta nei suoi due rami da puleggie applicate al cielo delle gallerie. Generalmente questi supporti sono costituiti da 2 puleggie coniche, le quali portano inferiormente un ribordo e sono tenute da due alberi con sospensione pendolare. Per effetto del proprio peso le due puleggie posano coi ribordi inferiori uno contro l'altro, dando così sostegno alla fune. Questa porta, ad intervalli fissi, dei nodi di canape, e passa all'altro capolinea sopra una puleggia tenditrice, perchè in relazione a un pesante carrello che scorre sopra un piano inclinato.

I vagoncini portano verticalmente una forcella di ferro, attraverso la quale può liberamente passare la fune, ma non il nodo di canape; si stabilisce così una solidarietà fra la fune ed i vagoncini, i quali sono quindi trascinati nel movimento della fune. Questi trasporti richiedono la posa di due binari sui quali si muovono in senso inverso due serie di vagoni. Nelle curve la fune appoggia sopra puleggie cilindriche, disposte coll'asse verticale e munite inferiormente di un largo bordo per sostenere la fune.

L'impigliamento e lo svincolo dei vagoni dalla fune si compie automaticamente, dando una conveniente inclinazione ai binari e sollevando con puleggie la fune sopra la forcella. Nella fig. 139 si osserva la proiezione orizzontale di un trasporto di questa natura, sviluppato in un seguito d'arterie principali di una miniera di carbone. Le freccie indicano il movimento delle funi e dei vagonetti: Nelle curve si osservano le puleggie cilindriche, mentre quelle coniche, che servono a sostenere la fune, si trovano spaziate lungo il percorso: esse sono rappresentate nelle fig. 140 e 141 in grande scala.

Il sistema è applicabile non solamente a percorsi orizzontali, ma anche in gallerie che presentano alcuni gradi di pendenza.

418. *Trasporti con fune a livello del suolo.* — In Inghilterra, nelle gallerie basse, s'impiega pel trasporto una fune continua analoga alla precedente, ma essa scorre su appositi rulli a livello dal suolo, lungo l'asse della galleria. L'attacco del vagoncino si compie con una funicella fissata inferiormente al vagonetto, oppure

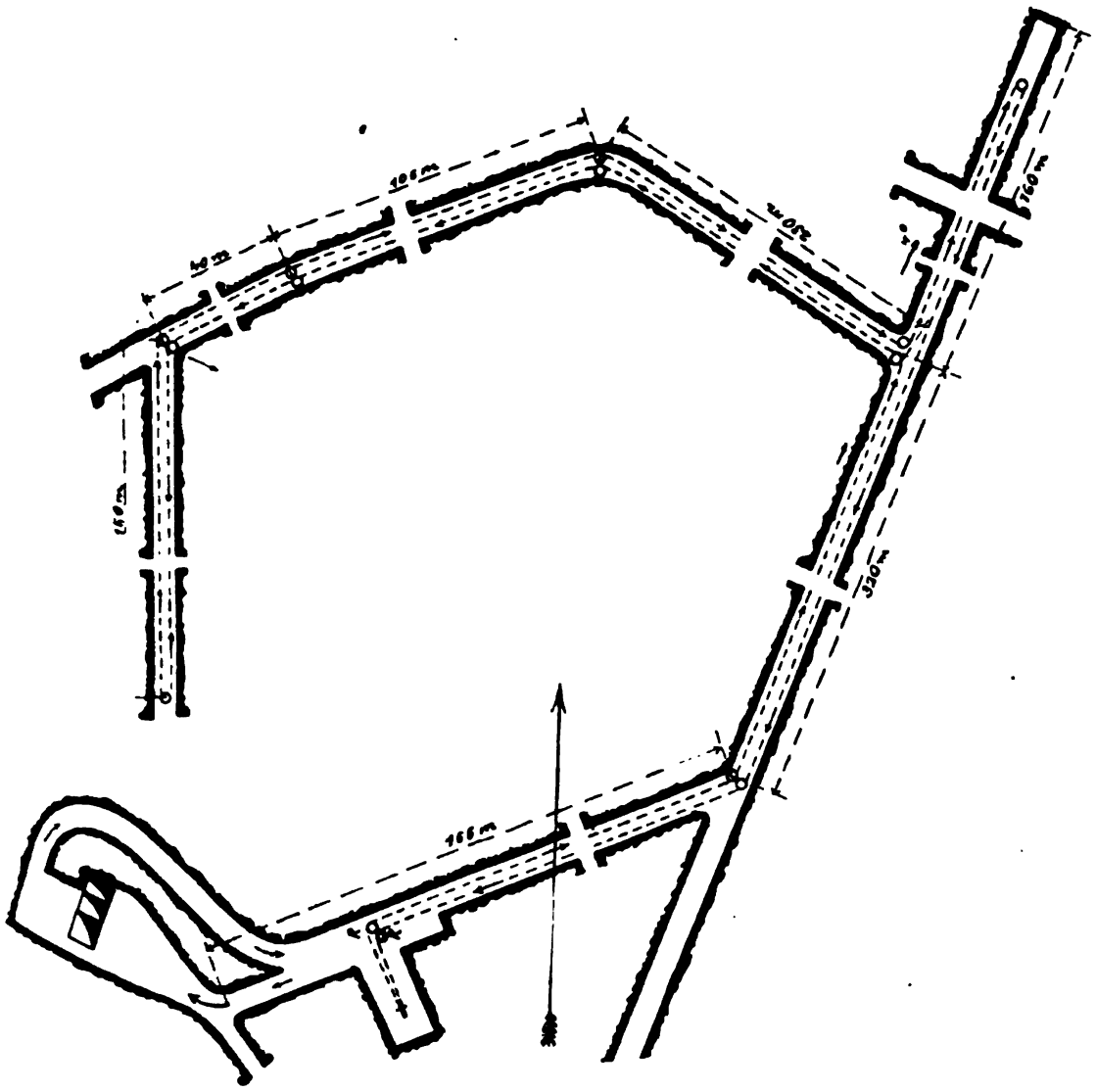


Fig. 139.

con una pinza. Sovente sono applicate al termine della linea semplici disposizioni per produrre automaticamente lo sganciamento dei vagoncini.

Il trasporto con fune a terra si presta anche bene per muovere gruppi di vagoni o piccoli treni nelle ordinarie gallerie: in questi casi, anzichè un doppio binario, si può adottare una via a tre rotaie; quella di mezzo si sdoppia in due a metà lunghezza: od anche si possono stabilire solo due rotaie ma in questo caso deve la linea presentare uno scambio a metà della lunghezza per dar passo ai due treni. Occorrono in quest'ultimo caso disposizioni speciali d'aghi a molla perchè i treni all'incrocio seguano automaticamente le vie rispettive.

Il sistema di trasporto con funi a terra sembra preferito in generale all'altro con fune in corona, perchè si presta anche per

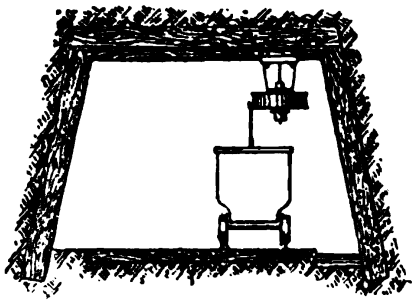


Fig. 140.

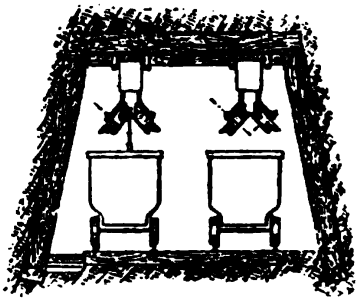


Fig. 141.

linee in pendenza; entrambi questi sistemi presentano vantaggi sulla catena portata, perchè costano meno per spese d'impianto e d'esercizio, essendo il peso della fune, a parità di resistenza, $^1/_6$ del peso della catena. Le applicazioni dei trasporti a fune sono più numerose di quelle con catena, e sopratutto riescono più semplici nelle linee che presentano curve.

Estrazione.

419. Ci occuperemo ora degli impianti d'estrazione che servono per portare i vagoncini carichi di materiale dalla base del pozzo, o da un livello della miniera, alla superficie, e che servono nello stesso tempo a ritornare nelle gallerie i vagoncini vuoti provenienti dall'esterno.

In tutte le miniere, a cominciare da quelle di qualche importanza, il materiale caricato nei vagoncini all'interno, si scarica dagli stessi vagoncini solo quando è giunto a destino all'esterno; in alcune miniere assai modeste il minerale subisce invece uno scarico ed un caricamento tanto alla base quanto alla bocca del pozzo, e cioè il materiale viene scaricato nella recetta, dove si carica a mano nei recipienti che devono sollevarsi lungo il pozzo; alla superficie il materiale viene nuovamente scaricato da questi recipienti, i quali si muovono solo lungo il pozzo, e caricato nei veicoli che lo portano a destino.

Evidentemente un lavoro di questo genere, che rappresenta l'infanzia dell'arte, riesce sempre assai costoso e non è possibile che per produzioni modeste della miniera.

L'impianto però riesce assai economico: esso non richiede che i due recipienti che sono fissati ai capi della fune. Questi recipienti possono essere dei semplici secchioni, detti più comunemente *benne,* che si muovono senza alcun guidaggio nel pozzo, oppure possono essere recipienti più grandi, guidati generalmente da funi metalliche.

Le benne sono di legno o di lamiera d'acciaio, di costruzione assai robusta per resistere al rude trattamento cui sono soventi assoggettate. Il peso è indifferente alle manovre, poichè si equilibrano sull'argano fra loro: Solo la fune deve essere in relazione più robusta. La capacità varia col peso specifico del materiale che si deve sollevare, e secondochè al verricello operano due o quattro manovali, oppure sono applicati cavalli, o motori.

Le benne guidate sono adottate dove l'estrazione ha importanza maggiore, ed in tutti i casi in cui la velocità d'estrazione è relativamente forte. Questi recipienti, largamente adottati p. e. in piccole miniere d'America, prendono colà il nome di *Skips.*

Quando il pozzetto d'estrazione è inclinato, gli *skips* sono costituiti da una cassa parallelepipeda più o meno lunga, chiusa inferiormente da un fondo e aperta superiormente. Essa porta 4 piccole ruote lateralmente ai due spigoli più lunghi, che appoggiano sulle rotaiette di cui è armato il pozzetto inclinato. Lo skip scorre così lungo un piano inclinato. Questo sistema d'estrazione fu perfezionato in America e nel Transwaal per diminuire le spese inerenti al caricamento ed allo scarico dello skip. Il caricamento si compie facilmente, perchè la bocca dello skips si dispone a livello del piano della recetta in modo da facilitare il caricamento colla pala: lo scarico alla bocca del pozzo si ottiene pure facil-

mente, facendo inclinare lo skips: a tale scopo talvolta le rotaie sono piegate nell'ultimo tratto, quando cioè lo skips giunge al termine della sua corsa.

Da questi pozzi inclinati, che sono poi piani inclinati sotterranei, il materiale è estratto in vari modi, o valendosi di verricelli mossi a mano, oppure di maneggi a cavalli, oppure di locomobili o piccole motrici elettriche, ad acqua o a vapore. Queste installazioni sono sempre sommarie e richiedono modeste spese d'impianto.

Tralasceremo di parlare dell' estrazione dai pozzi inclinati, e passeremo subito a considerare l'estrazione dai pozzi verticali, perchè tutti i sistemi che servono pel caso di pozzi verticali, possono, con semplici modificazioni facili a concepirsi, adattarsi al caso di pozzi inclinati.

L'estrazione nei pozzi importanti si compie sempre meccanicamente, disponendo i vagoncini entro gabbie che, opportunamente guidate, sono sollevate lungo il pozzo.

Nella sezione dei pozzi, sia essa rettangolare, elittica o circolare, si riserva sempre uno spazio rettangolare, che corrisponde alla proiezione orizzontale delle due gabbie che debbono percorrere il pozzo, per l'estrazione propriamente detta.

Nella fig. 142 si vede rappresentato il modello di un tratto di pozzo rettangolare d'estrazione: È in esso ben visibile l'armatura in legname che ne sostiene le pareti. L'armatura è costituita da quadri sovrapposti, fra i quali sono fissati a distanza altri legnami che dividono la sezione del pozzo in scompartimenti. Nella figura si osservano quattro scompartimenti, di cui i due centrali sono destinati alla traslazione delle gabbie: quello di sinistra, diviso da pianerottoli orizzontali, è destinato alle scale, mentre quello di destra, poco visibile in figura, accoglie le tubazioni ed i corpi delle pompe destinate a sollevare alla superficie l'acqua che si raccoglie sul fondo del pozzo. Per la necessaria sorveglianza esso accoglie pure scale.

420. *Guide.* — Lungo i due scompartimenti delle gabbie si osservano quattro lungherine verticali $G\,G$: esse sono destinate, due a due, a guidare le gabbie lungo il percorso, come diremo in appresso. La guide nel caso nostro sono costituite da lungherine ben diritte, generalmente di pitch-pine, perfettamente squadrate e lavorate, di cent. 12 $\times$ 15 di lato, disposte perfettamente verticali. Le varie guide sono riunite fra loro come è rappresentato in grande nella fig. 143 e sono tenute a posto con bulloni che appoggiano col dado contro un rinfianco P.

Quando i pozzi sono murati, o rivestiti con anelli di ghisa, le guide si fissano contro traverse opportunamente stabilite nel rivestimento, in modo da dividere il pozzo nei soliti scompartimenti.

Le guide in legno sono quelle normalmente usate nei pozzi: esse hanno però l'inconveniente di richiedere forti spese di manutenzione. In alcuni paesi si adottarono guide di ferro, formate da

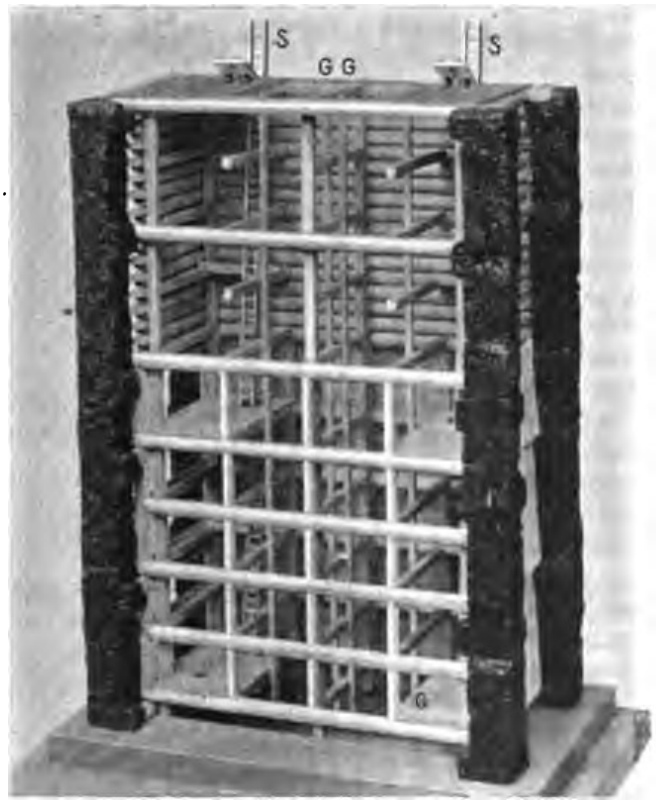


Fig. 142.

rotaie Vignole disposte verticalmente nel pozzo, unite fra loro mediante doppie stecche, e fissate colla suola a travi in ferro a doppio **T**.

Le guide metalliche sono particolarmente usate nei pozzi molto profondi: pesano 35 ÷ 40 kg. al metro, e sono fissate mediante incastri poco profondi e coll'aiuto di doppie griffe, a delle traverse di ferro che pesano circa 45 kg. per m. corr. In questo modo si ottiene una grande stabilità nel sistema, e si evitano le frequenti riparazioni.

Le guide metalliche, in numero di quattro, generalmente si

applicano nella sola parte mediana del pozzo, per cui le gabbie riescono guidate da una parte sola, e cioè da quella interna, con due guide ognuna.

Le guide in ferro sono anche utilmente impiegate nei pozzi che deviarono dalla verticale.

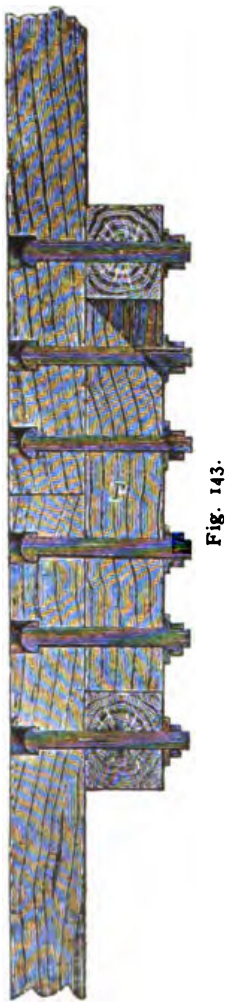


Fig. 143.

In Inghilterra va diffondendosi il sistema di guidare le gabbie con funi d'acciaio, in numero di $3 \div 4$ per gabbia, amarrate superiormente sulla verticale del pozzo, e tese con pesi di $3 \div 4$ tonn. sul fondo. Il sistema esige che fra le due gabbie ci siano $30 \div 40$ cm. di gioco; richiede funi di $3 \div 4$ kg. al m. corr. costituite in generale da 6 vergelle di 10 mm. di diametro, avvolte attorno ad una verga rettilinea d'anima. Questo sistema riesce economico, rende il guidaggio indipendente dalle pareti, per cui riescono indifferenti i piccoli movimenti o spostamenti che il pozzo può subire. Però le guide sono soggette a dondolare, e perciò è necessario mantenere un certo spazio o gioco tra le gabbie.

Le gabbie, guidate come abbiamo visto, possono assumere velocità notevoli: all'uopo esse portano delle staffe, che per guide di legno sono a ⊓, e per guide di ferro hanno forma adatta per abbracciare la testa della rotaia: se il guidaggio è fatto con funi, alle gabbie sono applicati dei robusti occhielli o collari, che si costruiscono di bronzo per evitare che le funi si consumino eccessivamente per l'attrito.

Quando il pozzo devia dalla verticale ed il guidaggio è in ferro e solidale al pozzo, le staffe, anzichè essere fissate solidamente alla gabbia, si uniscono ad essa per mezzo di una molla, in modo da permettere gli spostamenti laterali durante la corsa nel pozzo, senza che perciò gli spostamenti determinino urti nella gabbia, che possano danneggiarla o provocare strappi nella fune d'estrazione.

421. *Gabbie.* — Le gabbie, come lo dice il nome, consistono in specie di grandi casse, formate a traliccio, di ferro, che portano uno o più piani sui quali si dispongono i vagoncini. Esse devono essere robuste ed alquanto elastiche. Sono costituite da ferri d'an-

golo e da ferri piatti fra loro collegati, e presentano una fronte o due fronti opposte aperte per l' introduzione dei vagoncini. Lateralmente ed esternamente, portano applicate le staffe per le guide. Le gabbie, secondo che sono ad un piano d'appoggio od a più piani sovrapposti, possono accogliere uno, due, o più vagoncini, come è necessario nel caso di estrazioni molto intense.

A S. Etienne, in passato, si usavano gabbie senza piani d'appoggio ed i vagoncini erano sospesi uno sull' altro e fissati lateralmente alla gabbia. Tale disposizione però cadde in disuso, benchè presentasse il vantaggio di ridurre notevolmente il peso morto della gabbia.

Alcune gabbie hanno oggi 8 ed anche 12 piani, ed ogni piano accoglie un vagonetto: altre sono a $4 \div 5$ piani, e ogni piano accoglie due vagoncini. Molte volte però la gabbia accoglie un sol vagoncino. Ciò, naturalmente, dipende dall' importanza dell'estrazione.

Il guidaggio delle gabbie permette ad esse di raggiungere anche velocità di 15 metri al 1", e quindi sono possibili estrazioni ragguardevoli da una sola sede o pozzo.

Il caricamento dei vagoncini pieni nelle gabbie, ed il ritiro dei vagoncini vuoti dalle stesse gabbie, si compie alle *recette*. Queste, come abbiamo detto, sono camere allungate, che si trovano sul prolungamento delle gallerie e che si aprono nel pozzo. Due binari sono collocati nelle recette e convogliano i vagoncini esattamente sui pianerottoli delle gabbie, quando essi corrispondono per posizione al piano della recetta. In questo modo il carico e lo scarico dei vagoncini dalle gabbie si compie da una sol parte del pozzo, il che può essere un inconveniente quando il traffico è rilevante. Si preferisce allora giungere al pozzo con due gallerie opposte, le quali s' uniscono a breve distanza dal pozzo con opportuni raccordamenti. Anzichè una sola recetta, ne esistono allora due allo stesso piano, una da una parte e l'altra dall'altra parte del pozzo: dall'una arrivano ad es. i vagoni pieni di minerale, e dall'altra partono quelli vuoti provenienti dall'esterno: le manovre riescono così assai semplificate e spedite. Le recette si dicono allora ad anello o doppie.

Nella fig. 139 sono rappresentate, in relazione al pozzo, appunto queste recette doppie.

422. *Taquet.* — Durante le manovre le gabbie devono evidentemente rimanere fisse di posizione, in modo che il loro piano corrisponda sempre col piano della recetta. Le gabbie, in corri-

spondenza alle recette, si fanno perciò posare sopra mensole mobili, dette *taquet*, le quali sporgono nel pozzo o possono esserne ritirate.

Quindi in tutti i livelli intermedi i taquet sono mobili, per non ostacolare il passaggio alle gabbie; solo alla recetta di fondo si stabiliscono taquet fissi.

I taquet sono in numero di quattro per ogni gabbia, e sono



Fig. 144.

facilmente manovrabili con una leva dal *ricevitore*, operaio fisso, che si trova alla recetta e che regola le manovre.

Nella fig. 144 è rappresentato il modello di una gabbia di semplice tipo: inferiormente si osservano i taquet *T*, che si mascherano e si smascherano dalla sezione del pozzo con rotazioni di 90°, sollevandosi cioè dalla posizione orizzontale, che li smaschera, a

quella verticale. La manovra è fatta con un semplice sistema articolato di leve. È evidente che se una gabbia posa in corrispondenza ad una recetta sopra i taquet, e deve ulteriormente discendere nel pozzo, si dovrà prima sollevarla di un certo tratto per poter mascherare i taquet, per renderne così possibile l'ulteriore discesa.

Si evita questa manovra, che è complicata, mediante taquet più perfezionati, i quali si mascherano per abbassamento, oppure con movimento orizzontale od inclinato in basso. Fra i taquet di questo genere quelli Stauss sono assai noti. Se il taquet ad abbassamento facilita le manovre, esso esige maggiore attenzione nel macchinista che dalla superficie deve regolare il movimento delle gabbie, sopratutto per evitare che le funi, che sostengono le gabbie, abbiano ad allentarsi sulla gabbia sostenuta dai taquet: nella rimessa in movimento accadrebbe allora, evidentemente, una caduta della gabbia con uno strappo della fune.

I taquet idraulici sono dello stesso tipo: in essi il movimento è però ottenuto col variare la quantità d'acqua immessa sotto un pistone idraulico. Un semplice rubinetto basta quindi alle manovre.

I taquet idraulici servono assai bene per le gabbie a più piani, potendosi i pistoni abbassare successivamente delle altezze corrispondenti ai diversi piani.

Nella fig. 145 sono appunto rappresentati taquet di questo tipo.

Il comando è sempre dato da una leva articolata *K*. L'abbassamento dei taquet è però ottenuto, come pure l'innalzamento, col pistone di uno stantuffo *a* idraulico, che porta il taquet: questo è a cerniera in *d* per cui la parte *e*, quando è liberata dal peso della gabbia, può subire pel gioco delle leve spostamenti laterali (fig. 146) permettendo così l'abbassamento della gabbia sotto la recetta.

Le manovre coi taquet idraulici sono assai docili. Nella fig. 147 è rappresentata una gabbia a tre piani che porta sei vagoncini: i taquet idraulici, di tipo diverso di quello testè descritto, si trovano superiormente alla recetta e possono sportarsi verticalmente lungo il pozzo dell'altezza corrispondente a due piani della gabbia, mercè i pistoni che li portano. Il piano della recetta doppia è inclinato verso la via dei vagoni pieni di carbone e la stessa inclinazione si ritrova nei tre pianerottoli della gabbia. Arrivando questa al piano della recetta coi vagoncini carichi, il pianerottolo inferiore della gabbia si dispone esattamente nel piano della recetta: un sistema automatico di nottolini d'arresto libera allora due dei vagoncini vuoti, che si trovano alla recetta, mentre si eclissano gli arresti

che mantengono i due vagoncini pieni nella gabbia: i vagoncini vuoti prendono così il posto di quelli pieni nella gabbia, ove restano fissati. Si abbassa allora la gabbia dell'altezza corrispondente al pianerottolo e ripetendo la manovra, si sostituiscono altri due

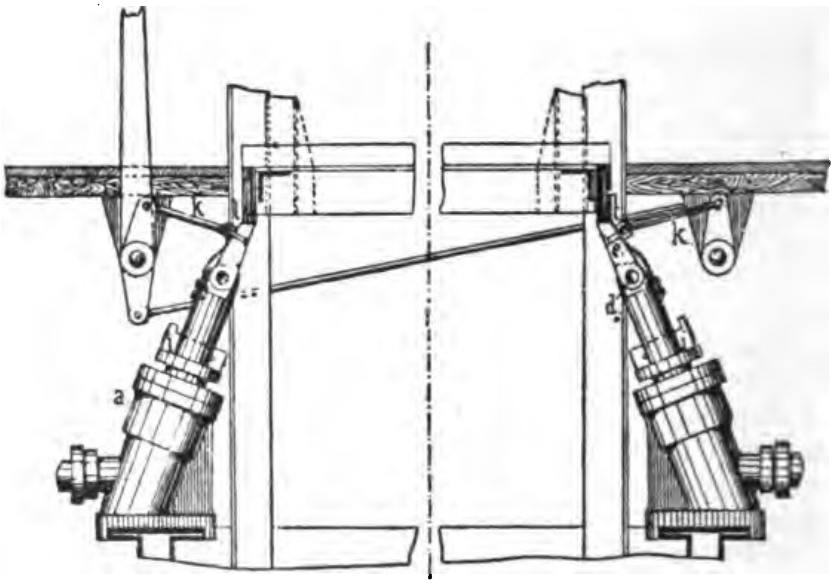


Fig. 145.

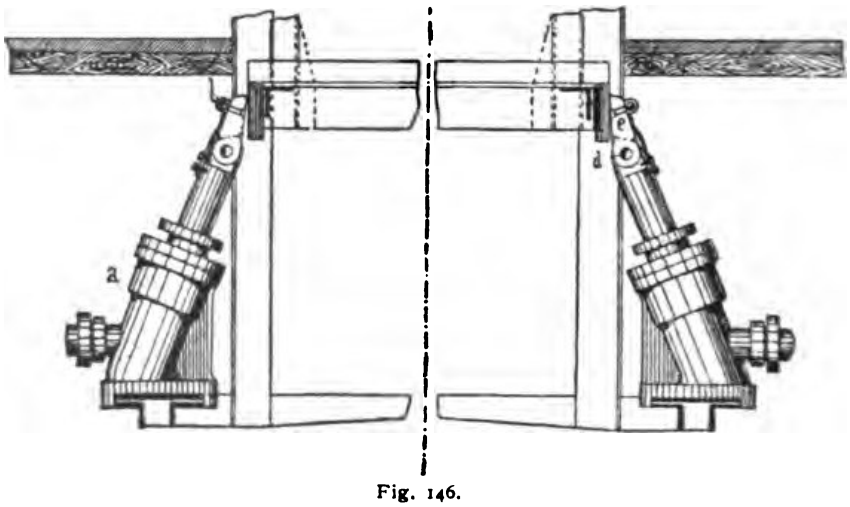


Fig. 146.

vagoncini, ed analogamente, infine, si procede per il pianerottolo superiore. La gabbia è allora pronta per essere abbassata nel pozzo. Come si vede, le manovre di carico e di ricevimento dei vagoncini rese così automatiche, riescono assai spedite.

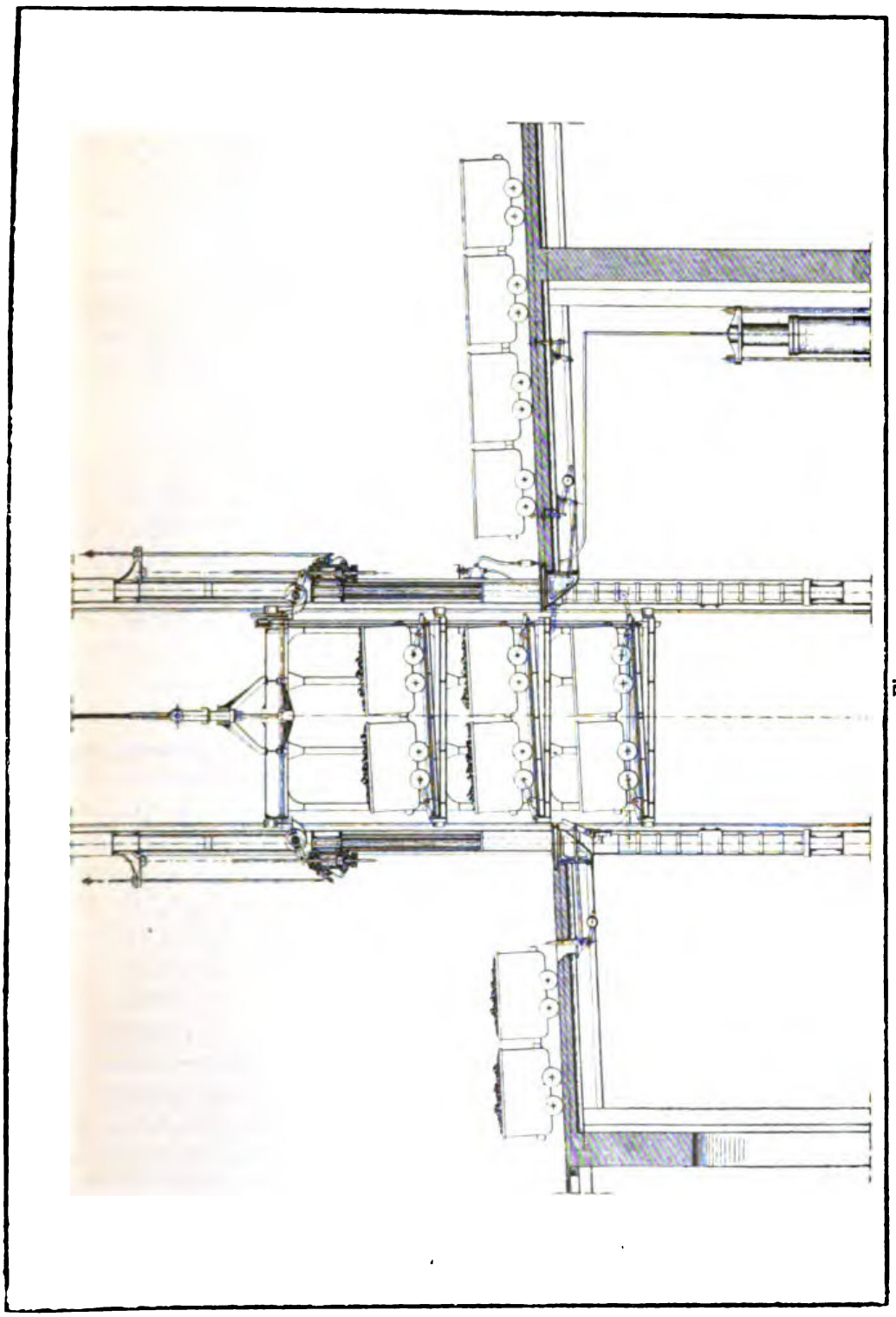


Fig. 147.

413. Le manovre di carico e scarico dei vagoni, nel caso di gabbie a diversi piani, si possono rendere pure spedite con recette a più piani, o con gabbie ausiliarie mosse da elevatori idraulici o con l'aiuto di contrappesi posti in relazione colle stesse gabbie. — Se la gabbia è a due piani, riesce facile, in generale, costruire due recette sovrapposte, riunite con una galleria a dolce pendenza; se la gabbia è a quattro piani, s'usa generalmente stabilire 4 recette, due delle quali — ad es. la 1ª e la 3ª in ordine d'altezza — da un lato del pozzo, e le altre due dal lato opposto: si pongono poi in relazione tra loro con una galleria che corre ad una certa distanza dal pozzo; in questo caso, e del resto anche nel precedente, si verifica però l'inconveniente grave di dover aprire vasti scavi nelle vicinanze del pozzo.

Solo in casi eccezionali, per gabbie con più di 4 piani, s'usano anche quattro recette per ogni parte del pozzo.

Naturalmente le gallerie che partono dalle varie recette devono avere pendenze convenienti per la direzione del traffico dei vagonetti.

Ad eliminare gli inconvenienti del sistema, si è appunto adottato il principio dei taquet idraulici pei casi, molto frequenti, nei quali si ha disponibile dell'acqua sotto pressione.

Talvolta, quando ciò non è possibile, si adotta la stessa soluzione, ricorrendo all'azione di contrappesi: così se la gabbia è a due piani, in corrispondenza della recetta si fa direttamente appoggiare sopra una piattaforma, sostenuta con funi che passano su puleggie e che sono convenientemente contrappesate. — Quando la gabbia coi vagoncini vuoti viene a posare sulla piattaforma, essa presenta il piano inferiore in corrispondenza alla recetta: scaricando i vagoncini vuoti e rimpiazzandoli con altri pieni di minerale, il peso della gabbia diviene naturalmente superiore a quello dei contrappesi, ed essa scende quindi a presentare alla recetta il pianerottolo superiore.

Se la gabbia ha un numero maggiore di piani, occorreranno diversi contrappesi, i quali entreranno in gioco successivamente.

Questo sistema, che permette manovre abbastanza rapide ma che è complicato, si installa solo al livello inferiore del pozzo, dove, per mezzo di fornelli, pozzetti sviluppati lungo i lavori, si convoglia tutto il minerale abbattuto nella miniera.

Pure vantaggioso riesce nelle recette l'impiego di gabbie sussidiarie o bilancie a pianerottoli, che si muovono solo per l'altezza della gabbia principale, in modo da portare i successivi pianerottoli al piano unico della recetta.

In ultima analisi queste gabbie sussidiarie non sono che recette mobili; esse si stabiliscono all'imbocco del pozzo ed al fondo, da una parte e dall'altra, di fronte alla gabbia principale; sono sovente comandate da pistoni idraulici, altre volte da contrappesi. Di esse daremo un breve cenno, per quanto le installazioni di questo genere siano esclusive delle grandi miniere di carbone.

Durante le manovre delle gabbie principali, quelle sussidiarie della superficie e del fondo sono caricate rispettivamente con vagoncini vuoti e con vagoncini pieni di minerale: all'uopo le dette gabbie si abbassano o s'innalzano successivamente di un piano per volta, per portarli a livello della recetta da cui provengono i vagoncini.

In questo modo la gabbia a giorno viene caricata coi vagoncini vuoti e quella di fondo coi vagoncini pieni, in breve tempo.

Al termine delle manovre, nel pozzo si sarà collocata, di fronte alla gabbia sussidiaria di fondo, la gabbia principale, che ha condotto dall'esterno i vagoncini vuoti, mentre la gabbia giunta a giorno coi vagoncini pieni, si troverà affacciata a quella sussidiaria contenente i vagoncini vuoti.

Siccome al momento dell'arresto i vari piani delle gabbie principali corrispondono con quelli delle gabbie ausiliarie, con una semplice manovra i vagoncini passeranno da queste, nelle gabbie che percorrono il pozzo, prendendo il posto dei vagoncini che sono stati portati dalle gabbie principali.

Compiuta la sostituzione dei vagoncini, le gabbie riprenderanno il loro movimento nel pozzo, mentre, con opportune manovre alle recette, si provvederà, portando successivamente i singoli pianerottoli delle gabbie ausiliarie al piano delle recette, a togliere i vagoncini arrivati ed a sostituirli con altri.

Nelle miniere con estrazione relativamente modesta, s'usa talvolta un sistema intermedio, che comporta da una parte (fig. 148) due piani d'arrivo dei vagoncini vuoti, e dall'altra una gabbia sussidiaria mossa da elevatore idraulico. Le gabbie principali, che si muovono lungo il pozzo, sono a due piani, distanti fra loro 2 m. La stessa distanza separa i due piani d'arrivo della recetta di destra e i due piani della gabbia ausiliare. I piani delle gabbie sono inclinati dal lato dei vagoni pieni. Quando una gabbia giunge alla recetta, il ricevitore spinge coi vagoncini vuoti fuori della gabbia quelli pieni. I vagoncini del piano inferiore attraversano senza arrestarsi il piano della gabbia sussidiaria, mentre i vagon-

cini superiori passano invece sulla piattaforma superiore della gabbia che è sostenuta idraulicamente. Si sono così nella gabbia sostituiti i vagoncini pieni con altri vuoti e mentre la gabbia discende nel pozzo, si provvede ad abbassare il piano superiore della

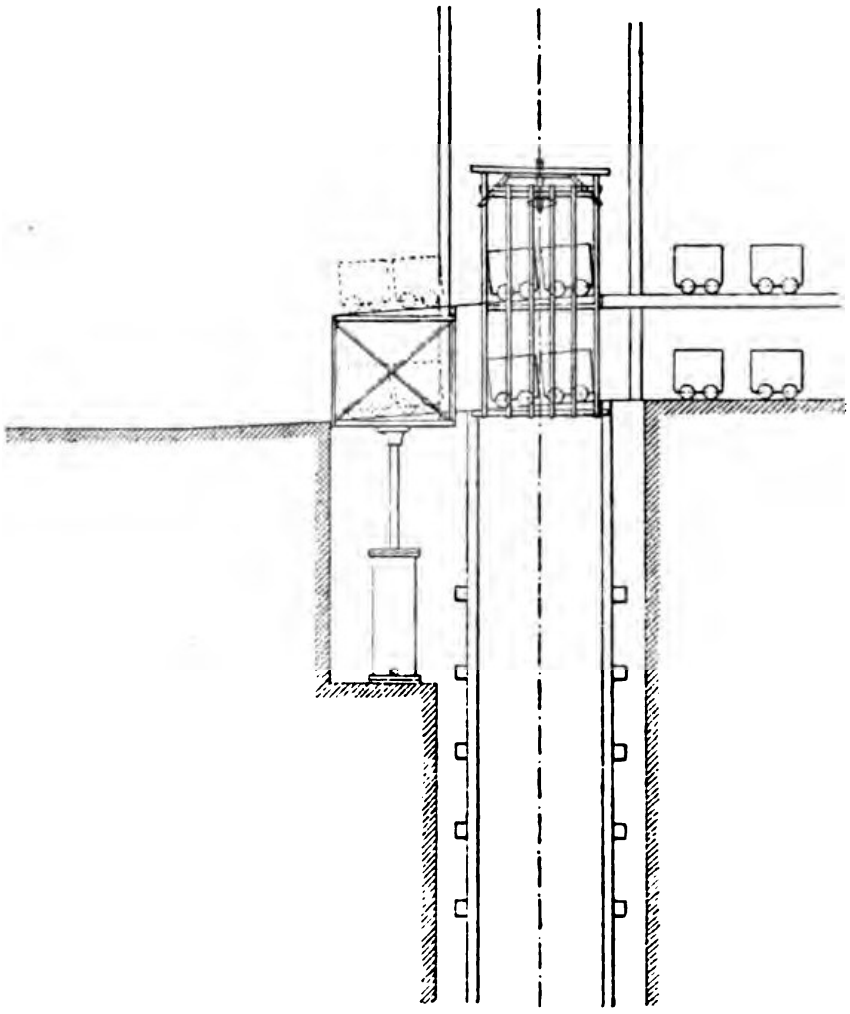


Fig. 148.

gabbia sussidiaria al piano della recetta, per liberarla dai due vagoni che sopporta superiormente.

414. I vagoncini devono rimanere fissati nelle gabbie quando queste corrono nel pozzo: all'uopo vi sono delle disposizioni semplici, che permettono di chiudere con una traversa l'ingresso delle gabbie. Allorchè vi sono disposizioni automatiche pel carico e lo

scarico delle gabbie, anche le chiusure si compiono automaticamente, oppure automaticamente si fermano i vagoncini nelle gabbie.

Infine nelle recette, in corrispondenza al pozzo, devono esistere delle barriere mobili per evitare che per disattenzione siano spinti nel pozzo i vagoncini quando non ci sono le gabbie, il che, come ben si comprende, potrebbe causare gravi disgrazie. Le più semplici barriere sono costituite da catene che si tendono a traverso la recetta. — Soventi però le barriere sono automatiche e la gabbia nel suo movimento lungo il pozzo, agisce sopra un nasello sporgente, che trovasi in relazione per mezzo di leve colle barriere e che le comanda.

Le gabbie nel pozzo sono sorrette e mosse da *funi*, le quali mantengono la loro posizione fissa nel pozzo perchè pendono da puleggie di sostegno, dette *mollette,* poste a conveniente altezza sopra una incastellatura o *castello* sulla verticale del pozzo.

Le funi, dopo che hanno abbracciato per un certo angolo le mollette, si dirigono sui *tamburi di avvolgimento* della *macchina d'estrazione.*

415. *Funi.* — L'attacco della gabbia alle funi di estrazione soventi è fatto alla parte superiore della gabbia per mezzo di quattro robuste catene che si riuniscono in un anello centrale. La fune è attaccata a questo anello mediante disposizioni speciali, che variano colla natura delle funi impiegate nell'estrazione.

Il sollevamento delle gabbie lungo il pozzo è sempre compiuto mediante funi. Tuttavia ad Epinac (Francia) il signor Blanchet tentò molti anni fa, l'estrazione pneumatica in un pozzo di 600 metri con buon esito meccanico: economicamente però l'estrazione pneumatica non è consigliabile.

Le funi d'uso comune nelle miniere sono presentemente costruite d'acciaio o con fibre di aloé.

Il ferro fu abbandonato nella fabbricazione delle funi, perchè offre, a parità di sezione, una resistenza metà dell'acciaio; nè si impiega la canape nelle miniere, perchè rapidamente si altera all'umido.

Nei pozzi molto umidi, od in quelli in cui stillano acque acide, si debbono sempre adottare funi d'aloé; nei pozzi, invece, appena un po' caldi, e cioè con aria viziata, convengono le funi d'acciaio poichè l'aloé deperirebbe rapidamente.

416. L'acciaio che serve alla confezione dei fili elementari delle funi, è fuso al crogiolo ed offre, trafilato, la resistenza di circa $125 \div 150$ kg. per mill.^{2}: il p. sp. è 7.5. Coll'aumentare della resistenza dell'acciaio, diminuisce la flessibilità dei fili.

L'aloé, incatramato in fili, ha una resistenza di 650 kg. per cent.^{2}: il p. sp. è 0.96.

Siccome i coefficienti di sicurezza, che si adoprano nella pratica, sono per l'acciaio in funi tonde $^1/_8 \div ^1/_9$, in funi piatte $^1/_9 \div ^1/_{10}$, e per l'aloé $^1/_7$, le funi d'acciaio riescono notevolmente più leggiere di quelle d'aloé.

417. Le funi d'acciaio sono quasi sempre tonde, quelle d'aloé, che servono all'estrazione, sempre piatte.

Si costruiscono però anche funi metalliche piatte (fig. 149), ma esse sono raramente usate, perchè, oltre all'avere un peso maggiore delle funi tonde, distribuiscono gli sforzi sui fili elementari in modo non perfettamente uniforme; riescono però più flessibili di quelle cilindriche e per la maggior superficie che offrono, l'usura viene ripartita vantaggiosamente sopra un numero grande di

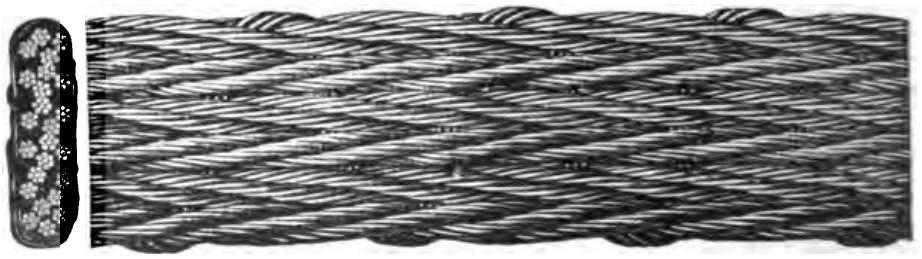


Fig. 149.

fili elementari: infine, data la costruzione della fune piatta, l'ingrassatura è più efficace, le ispezioni riescono più concludenti che nelle funi tonde e l'aderenza, infine, sulle puleggie è maggiore.

L'aloé, per la sua resistenza relativamente piccola, richiede funi di sezioni notevoli, che se tonde, sarebbero evidentemente troppo rigide: per questo motivo le grosse funi d'aloé sono piatte.

La fune tonda d'acciaio è ottenuta coll'avvolgimento di *trefoli* attorno ad un'anima di canape: talvolta in Inghilterra l'anima è pure metallica. I trefoli a loro volta sono formati coll'avvolgimento di fili elementari attorno ad altre anime di canape.

Però talvolta i fili elementari sono avvolti dapprima a originare delle piccole funi elementari, le quali poi formano il trefolo; parecchi trefoli di tal sorta, avvolti a loro volta assieme, costituiscono infine la fune. Questo avvolgimento si dice *à grélin* (fig. 150) ed impartisce alle funi una notevole flessibilità per cui esso è indicato specialmente per gli argani, che debbono sollevare forti carichi ed hanno tamburi d'avvolgimento di piccolo diametro.

Gli avvolgimenti ad elica delle funi si ottengono con macchine speciali, molto semplici, che evitano le torsioni dei fili elementari.

Il numero di fili elementari che compongono ogni trefolo dipende evidentemente dalla sezione metallica che deve aver la fune: i fili si avvolgono a formare una o due o tre guaine in ogni trefolo.



Fig. 150.

È regola, nella fabbricazione delle funi, qualunque sia il numero dei successivi avvolgimenti che si richiedono, di invertire ad ogni nuova operazione il senso dell'avvolgimento, per evitare i movimenti di detorsione.

L'avvolgimento a *grelin* mantiene i trefoli sporgenti all'esterno di metà del loro diametro, favorendo quindi l'usura. Si preferisce quindi in molti casi l'avvolgimento in un solo inviluppo, che dà minor superficie esterna alla fune.

Allo scopo di rendere la superficie esattamente cilindrica, si costruiscono da alcuni anni delle funi con elementi profilati (figura 151), i quali esattamente si compenetrano gli uni negli altri: sono disposti a corsi concentrici a costituire, coll'avvolgimento a spirale, la fune; queste però riescono alquanto rigide. Miglior risultato si raggiunse colla fabbricazione di trefoli elittici, ottenuti con fili tondi avvolti attorno ad anime elementari elittiche: L'avvolgimento dei trefoli elittici è fatto attorno ad un'anima centrale, disponendo l'asse minore delle elissi nella direzione dei raggi della fune definitiva (fig. 152).



Fig. 151.

La superficie esposta alla frizione comprende evidentemente in queste funi un numero maggiore di fili e quindi il logoramento riesce più ripartito che nelle funi tonde, con maggior durata della fune.



Fig. 152.

Le funi piatte di aloé sono formate dalla giusta posizione di più funi tonde (in numero pari, per annullare la tendenza allo svolgimento), disposte cogli avvolgimenti in senso inverso, a lato l'una dell'altra, e cucite assieme trasversalmente.

418. Le funi metalliche devono essere accuramente spazzolate ed ingrassate ogni settimana ed il grasso che s'impiega deve essere alquanto vischioso e neutro; è ottimo, ad es. un miscuglio in parti eguali di resina e di catrame vegetale.

Le funi metalliche sono facilmente corrose dalle acque acidule delle miniere. Da poco tempo la casa Felten e Guilleaume con una preparazione speciale ai fili elementari d'acciaio, sembra riuscita ad attenuarne notevolmente l'attaccabilità.

Le funi di canape sono proscritte dalle miniere perchè troppo facilmente deperiscono: si usa invece, come si disse, come fibra vegetale l'*aloé* o *manilla* che si incatrama in fili: il peso è così aumentato del 10% ma la durata è notevolmente prolungata.

Le funi d'aloé è necessario, se soggiornano in pozzi per più mesi asciutti, che siano inumidite artificialmente con spruzzi di acqua. È buona norma, in generale, regolare con questo mezzo la lunghezza delle funi, in guisa che essa si mantenga costante malgrado le variazioni igrometriche esterne.

Furono già dati i coefficienti di sicurezza che conviene, nei vari casi, adottare pel calcolo delle funi. Per le funi piatte d'aloé si calcola uno sforzo di 60 kg. per centimetro quadro di sezione.

Se una fune deve reggere a 250 metri, 2500 chilogrammi, essa dovrà sopportare superiormente oltre il peso di 2500 chilogrammi, anche il peso proprio.

Si ritiene per l'aloé un p. sp. 1 e quindi per ogni centimetro quadro di sezione, una fune lunga 250 metri peserà 45 kg. La resistenza utile della fune è quindi ridotta a 35 kg. per cent. quad., e per sostenere il peso di 2500 kg. la fune dovrà avere una sezione eguale a $\frac{2500}{35} = 71$ c. q.

Per tener conto del fatto che le funi piatte risultano di un numero pari di funi elementari tonde, avvicinate e cucite assieme a formare un nastro, nel calcolare la sezione si ammette per i nastri di 6-8-10 funi elementari, una larghezza pari a 5,5-6,5-8 volte il diametro delle funi elementari.

Così, nel caso considerato, per una fune di 6 unità, detto s lo spessore, si avrà:

$$s\ 5{,}5 = 71 \text{ cm.}^2; \quad s = \text{cm. } 3{,}6.$$

A 600 metri la fune d'aloé più non reggerebbe al suo peso. Si cerca allora di alleggerirne la parte inferiore, facendo ogni sezione capace di sostenere, col coefficiente di sicurezza stabilito, il carico da sollevare ed il peso di fune sottostante alla sezione. Si ha allora la fune d'*egual resistenza*, che pesa assai meno della fune a sezione uniforme.

Ma le funi rigorosamente di eguale resistenza, nelle quali la sezione varia con legge logaritmica, non fecero in pratica buona prova, perchè si spezzavano facilmente alla sommità, essendo colà di maggior larghezza e avvolte sopra i minori diametri dei tamburi, ed essendo inoltre soggette a sforzi bruschi ben maggiori che non al piede.

Si usa quindi costrurre la fune a tratti eguali, p. e. di 100 metri di lunghezza ciascuno, e se ne calcolano le sezioni, partendo dall'attacco delle gabbie, tenendo conto del peso dei vari tratti.

Talvolta si fa variare il coefficiente di sicurezza, riducendolo per le parti delle funi che sono maggiormente soggette a deteriorarsi.

419. Il calcolo di una fune tonda metallica di sezione costante si compie facilmente. Detto P il numero di kg. sospeso alla fune (gabbia, vagoni e materiale) ed L la lunghezza in metri della fune, chiamando con R la resistenza alla rottura dell'acciaio in kg. per mill.^{2} e $\frac{1}{m}$ il coefficiente di sicurezza adottato, la fune, dovendo sopportare il peso P più il peso proprio, che è di Kg.:

$$0.0085\ s\ L$$

dovrà avere una sezione s in mill.^{2} per cui:

$$\frac{Rs}{m} = P + 0.0085\ s\ .\ L$$

e quindi si ricava:

$$s = \frac{P}{\frac{R}{m} - 0.0085\ L}$$

ciò per un tronco di sezione costante.

Fissando *a priori* la lunghezza del tronco inferiore della fune, se ne calcola colla formola la sezione metallica. Scelto poscia il numero commerciale del filo elementare che dovrà costituire la fune, si calcola facilmente il numero minimo dei fili che debbono comporre la fune stessa.

Siccome poi praticamente il numero dei fili elementari della fune, per essere un multiplo del numero dei trefoli, sarà generalmente maggiore di quello calcolato, l'eccesso di sezione metallica si utilizza per reggere un maggior tratto di fune, oltre quello stato fissato a priori. Analogamente si procede nella determinazione degli altri tronchi.

Per le funi d'acciaio il limite al quale esse si romperebbero sotto il proprio peso è assai più elevato che colle funi di aloé: basta pensare che i fili d'acciaio hanno un carico di rottura di 14 kg. per mm. di sezione ed un p. sp. di circa 8,5. Tale limite è oltre 1500 metri e si potrebbe aumentarlo, adottando per la fabbricazione delle funi gli acciai speciali che hanno 230 kg. di resistenza per mill.²

Perciò le funi metalliche si mantengono generalmente di sezione costante: non così invece accade per le funi d'aloé, le quali nei pozzi di qualche profondità sono sempre costituite di tronchi di sezione diversa, calcolati con metodo analogo a quello esposto per le funi metalliche di sezione decrescente.

Ecco, ad es., i dati relativi a due funi piatte, per mostrare la forte diminuzione di peso che si ottiene con tronchi di diversa sezione:

Lungh. tronchi m.	Sezioni mill.	Peso per metro kg.	Lungh. tronchi m.	Sezioni mill.	Peso per metro kg.
150	310 × 47	13,75	140	270 × 42	10,38
100	300 × 45	12,50	15	260 × 40	9,85
100	280 × 43	10,90	15	260 × 39	9,55
100	270 × 41	9,85	20	240 × 38	8,90
100	250 × 38	8,90	20	230 × 36	8,40
100	230 × 34	8,25	25	225 × 35	7,87
100	220 × 33	7,50	30	220 × 34	7,48
750	—	—	40	215 × 33	7,09
—	—	—	65	210 × 32	6,72
—	—	—	80	205 × 31	6,52
—	—	—	50	200 × 30	6,00

Riguardo alla sicurezza, le funi d'aloé presentano segni di deperimento più evidenti di quelle metalliche; esse lasciano attraversare lungo le cuciture la luce quando sono vecchie.

Le funi metalliche debbono essere visitate ogni settimana, contando i fili rotti che presentano e calcolando se lo sforzo a cui, in conseguenza, soggiaciono i rimanenti fili sani, si abbassa sotto il prescritto coefficiente di sicurezza.

Nel Belgio alle funi d'acciaio si dà una durata di servizio di 16 mesi, indipendentemente dal tonnellaggio che sollevano: a quelle di aloé oltre il doppio. Delle due funi di un pozzo d'estrazione, quella che subisce la doppia inflessione, e cioè s'avvolge al di sotto del tamburo motore, deperisce più rapidamente dell'altra.

Alle funi metalliche ed a quelle d'aloé, si deve rifare periodicamente l'attacco colla gabbia, ed in tale occasione, sul troncone di fune lungo circa $3 \div 4$ m. che viene tagliato regolarmente, per esempio ogni $2 \div 3$ mesi, si compiono dei saggi di resistenza per verificare lo stato della fune.

420. L'attacco della gabbia alla fune si compie diversamente a seconda della natura delle funi. Se queste sono d'acciaio e non sono destinate a reggere pesi molto gravi, si piega la fune ad occhiello e si lega fortemente con del filo di ferro il capo della fune così piegato, alla fune stessa: nell'occhiello passa l'anello al quale si congiungono le catene della gabbia: Per evitare l'usura della fune alla parte inferiore dell' ansa, si può vantaggiosamente disporre nell'occhiello una lamiera, oppure una rotella con contorno a gola, nella quale trova posto la fune: l'anello della gabbia passa allora attraverso alla rotella, oppure è ad esso fissato mediante una staffa che abbraccia un robusto perno che l'attraversa.

Nei pozzi importanti si usa immettere il capo della fune, svolto nei fili elementari che la compongono, e la fune stessa per un certo tratto in un tubo conico, svasato verso l' alto, ottenuto in due pezzi che si bullonano poi assieme a stringere la fune. Nel tubo si cola poscia del metallo fuso ad es. del piombo antimonioso se la fune è d'acciaio, oppure una mescolanza di limatura di ferro con un po' di sale ammoniaco e zolfo bagnata con aceto.

Quando le funi sono piatte, fatta l' ansa, ripiegando il capo della fune per qualche metro, si fa l' unione disponendo contro le funi due piastre metalliche che si bullonano fortemente assieme. L'ansa è protetta all'interno da una lamiera di ferro che è piegata colla fune. L' attacco è ottenuto con un alberetto che appoggia nell'ansa sulla lamiera ed alle cui estremità trovasi imperniata la staffa ad *U* che regge la gabbia.

Le disposizioni degli attacchi delle gabbie alle funi sono però numerosissime.

421. Se le gabbie servono anche alla circolazione degli operai, devono essere munite di *paracadute*. In alcuni paesi, come ad es. nell' Inghilterra, i paracadute alle gabbie d'estrazione non sono obbligatori per legge.

Il paracadute è un organo che entra in funzione quando la fune si rompe e la gabbia comincia a cadere: esso consiste in una robusta molla che è compressa per la tensione della fune, la quale, quando non soggiace più a tale azione, si stende ed agisce sopra un sistema di leve, obbligando due morse di ferro a serrarsi

contro le guide in modo da arrestare la gabbia nella sua discesa. Quando il paracadute è entrato in gioco, e le mascelle hanno serrato la guida, il movimento discendente della gabbia tende ad assicurare meglio le morse alla guida, sicchè dopo breve tratto la gabbia rimane fissata ad esse. Sono da preferirsi i paracadute nei quali l'arresto non è istantaneo, potendo ciò arrecare disastrose conseguenze a chi sta nella gabbia. È evidente che le guide di legno presentano presa assai più facile alle mascelle del paracadute che non le guide in ferro; per questo motivo le prime sono soventi preferite. Anzi in qualche pozzo munito di guide di ferro, esistono anche le guide in legno esclusivamente pel paracadute. Tuttavia si costruiscono anche dei paracadute per le guide in ferro: Le mascelle del paracadute sono allora intagliate a denti di sega e temprate, ed hanno forma tale per cui, quando sono chiuse contro la guida, l'ulteriore movimento di discesa la fa serrare maggiormente contro le guide stesse.

La sicurezza del funzionamento del paracadute su guide metalliche può esser messa in dubbio quando la gabbia ha velocità notevoli, o può ricevere un forte colpo pel tratto di fune rotto che su essa cade.

Di qualunque specie siano poi i paracadute, essi richiedono sempre una continua ed accurata sorveglianza: il miglior paracadute è però dato, come dicono gli inglesi, dalle frequenti ispezioni alle corde.

Le corde di aloé piatte quando cominciano a deperire, mostrano i due lembi esterni sfilacciati e lasciano intravvedere la luce fra le funi elementari. Col progredire del deperimento, si accentuano tali difetti.

Le funi d'aloé si possono facilmente impalpare, sostituendo i tratti troppo deperiti o che presentano difetti, con altri sani. L'impalmatura si fa per ogni fune elementare disponendo le congiunzioni a spina di pesce, il che è possibile, essendo sempre pari il numero delle funi elementari che concorrono a costituire una fune piatta. La congiunzione va sviluppata per più metri di lunghezza: I nostri impalmatori della marina sono abili per tali riparazioni.

Si impalmano pure le funi metalliche, però le impalmature non offrono sempre garanzia.

Per le funi metalliche si fanno delle esperienze per determinarne la resistenza sui tronchi di due metri che si tagliano periodicamente all'attacco della gabbia per rifare l'attacco. Si esaminano, del resto, le funi su l'intera lunghezza, si contano i fili rotti nelle sezioni e

si tiene conto anche della diminuzione eventuale delle sezioni stesse per ossidazione, usura, ecc.: rifacendo il calcolo si determina se il coefficiente di sicurezza si trova fra limiti ancora accettabili.

Alcune miniere di Germania possiedono delle macchine per verificare sperimentalmente la resistenza delle funi sull'intera loro lunghezza.

Nel Belgio la sorveglianza delle funi è settimanale ed è affidata ad agenti della miniera e ad agenti del fornitore o di altri fornitori concorrenti.

In generale, nei paesi minerari, si tiene al corrente un registro per le funi, annotando non solo la data della messa in opera della fune, ma anche tutto quanto può servire come storia della fune stessa, e così gli accidenti che può aver subito, la quantità di materiale che ha estratto, gli allungamenti che ha manifestato, ecc.

422. *Mollette.* — Le funi d'estrazione sono guidate nel pozzo per mezzo di due grandi puleggie, sorrette da un'apposita incastellatura, che prendono il nome di *mollette* e che sono destinate a mantenere fissa ed invariabile la verticale delle funi.

Le mollette sono due per ogni castello, essendo due le funi d'estrazione, e sono montate su due alberi orizzontali indipendenti: esse sono di ghisa o d'acciaio e l'albero d'acciaio che le sorregge, è sovente forato prima di metterlo in opera per assicurarsi col testimonio che si ricava, della buona qualità del metallo, poichè è evidente che la rottura dell'albero delle mollette può disorganizzare la sede di estrazione.

Per la buona conservazione delle funi, il diametro delle mollette non deve scendere sotto certi limiti: così per funi di acciaio non deve essere minore di 4 m. (cioè il raggio della molletta deve essere almeno eguale a 2000 volte il diametro del filo elementare della fune) e per quelle di aloé non minore di 2 m.

La corona della puleggia ha forma conveniente per ricevere la fune ed è buona pratica ritornirla ogni volta questa si cambia.

I sopporti delle mollette sono solidali a robuste travi in ferro che costituiscono il telaio o *chassis* delle mollette, che appoggia alla parte superiore del castello d'estrazione.

L'incastellatura deve sempre possedere una comoda scala per assicurare l'oliatura dei sopporti delle mollette.

423. *Incastellatura o castello.* — I castelli destinati a reggere le mollette sopra il pozzo di estrazione, in passato erano sovente costruiti in legname, e costituivano una capra grande e robusta. Oggi, tranne che nelle installazioni di poca importanza o di carattere

provvisorio, nelle quali s'adopra ancora in alcuni paesi il legname, i castelli dei pozzi d' estrazione sono costruiti in muratura od in ferro, sopratutto per evitare il pericolo d'incendio. Pei pozzi molto importanti si preferiscono i castelli in ferro, che assumono le forme rigorose, per quanto poco eleganti, suggerite dalle esigenze statiche.

Dalla sommità del castello partono le funi che vanno alla macchina d'estrazione. Esse tendono a rovesciare il castello, eser-

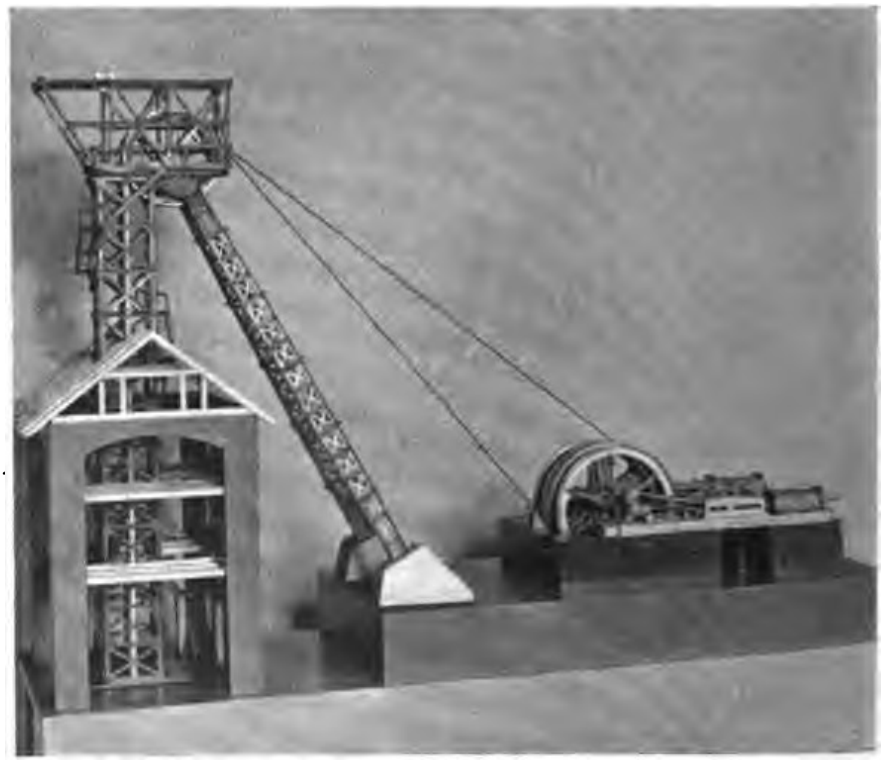


Fig. 153.

citando degli sforzi diretti secondo le bisettrici degli angoli formati alle mollette dai tratti di fune che pendono nel pozzo, e dai tratti che dalle mollette vanno ai tamburi d'avvolgimento. Secondo tale bisettrici si stabilisce quindi un puntone a traliccio (fig. 153) che sarà sollecitato come un solido caricato di punta. Una semplice armatura in ferro s'eleverà verticalmente sopra il pozzo per mantenere le guide a posto, per costituire le recette superficiali e per sostenere infine le mollette. Siccome però un castello così costituito, sarebbe soggetto a spostamenti laterali, il pun-

tone si bipartisce in due elementi, i quali, allontanandosi man mano dal piano verticale delle mollette, appoggiano sopra solida base nel terreno. Le mollette riescono allora sostenute da una specie di capra, e per dare maggior stabilità al sistema, gli elementi inclinati, o saettoni, sono soventi orizzontalmente collegati colla torre a traliccio che s'eleva sul pozzo.

I castelli in muratura sono sollecitati dagli stessi sforzi: inoltre le vibrazioni dovute alle mollette, deteriorano rapidamente le murature, se esse non hanno quei forti spessori che ai profani possono sembrare addirittura eccessivi.

Le dimensioni della sezione orizzontale del castello dipendono evidentemente dalle condizioni statiche alle quali il castello stesso deve soddisfare.

Se la macchina d'estrazione è potente, il castello assume, come costruzione, speciale importanza. L'altezza è in relazione alla posizione che devono avere le mollette sopra l'orificio del pozzo, e questa a sua volta dipende, nella maggior parte dei casi, dal diametro dei tamburi d'avvolgimento delle funi: effettivamente se i tamburi sono di grande diametro, la velocità di traslazione della gabbia nel pozzo sarà ragguardevole, e lo spazio che essa percorre per un angolo di rotazione anche piccolo dell'albero motore, sarà relativamente grande. Ne segue pertanto che colle macchine di estrazione a grandi tamburi, le disattenzioni inevitabili del macchinista possono, se le mollette non sono sufficientemente alte sul pozzo, portare pericolose conseguenze.

Nei pozzi ove le gabbie si muovono velocemente, vi sono sempre apparecchi di sicurezza per riparare alle eventuali dimenticanze del macchinista; in ogni caso però le mollette devono sempre essere elevate sopra la recetta $20 \div 30$ metri. Nei pozzi a marcia molto lenta, l'altezza può però ridursi a $10 \div 12$ metri.

Il locale della macchina d'estrazione è il più sovente separato dal castello nelle installazioni di qualche importanza, nelle quali la macchina d'estrazione, per essere con tamburi d'avvolgimento, si trova a qualche distanza dall'orificio del pozzo. Molte volte però, specialmente coi castelli in muratura, il locale destinato alla macchina, alle caldaie ed eventualmente alle pompe a vapore, costituisce un annesso al castello propriamente detto.

Le incastellature dei pozzi di estrazione presentano generalmente due recette sovrapposte, l'una al piano di terra e l'altra più elevata di $3 \div 4$ metri: con questa disposizione molte manovre di carico riescono facilitate.

Motori d'estrazione.

424. **Motori animati.** — L'estrazione del materiale dai pozzi delle miniere si ottiene sempre provocando l'avvolgimento delle funi che sostengono le benne o le gabbie, sopra speciali tamburi collocati alla superficie, in prossimità all'orificio del pozzo.

Il movimento agli organi d'avvolgimento può esser dato con motori animati o da macchine. Il primo sistema ha applicazioni limitate agli impianti provvisori o quando il materiale deve essere sollevato da profondità relativamente piccole. L'estrazione si compie allora a mano o con cavalli.

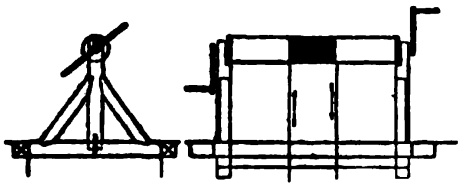


Fig. 154.

L'uomo agisce sopra manovelle o talvolta col proprio peso sopra ruote con caviglie.

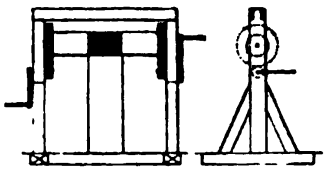


Fig. 155.

Pei pozzetti profondi fino a 30 metri, l'estrazione si compie con un semplice verricello, costituito da un tamburo di legno sul quale s'avvolge la fune che sostiene ai due capi le benne. Il verricello è installato sopra due montanti di legno alla bocca del pozzetto e riceve movimento per mezzo di due manovelle di ferro, come è rappresentato nella fig. 154. Richiede il verricello due o quattro manovali. — Quando la profondità del pozzo è superiore ai 30 ÷ 40 metri, si adottano di preferenza dei verricelli composti, ad ingranaggio. Essi sono più lenti dei precedenti, ma richiedono uno sforzo minore (figure 155 e 156) e pertanto permettono il sollevamento di grandi benne cariche di materiale pesante. Queste installazioni sono d'uso corrente nello scavo dei pozzetti.

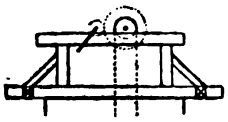


Fig. 156.

In qualche installazione alla superficie, s'adotta talvolta la ruota con caviglie. Il verricello è solidale ad una grande ruota con caviglie ed uno o due uomini, arrampicandosi continuamente su essa, ne provocano, per effetto della gravità, il movimento, avvolgendo così, oppure svolgendo, la fune dal verricello (fig. 157).

425. *Maneggi con cavalli.* — Nelle installazioni più importanti, al lavoro dell'uomo è sostituito quello del cavallo, che si muove in apposito maneggio. Nella fig. 158 si osserva alla sinistra il pozzo, dal quale è uscita una delle benne, mentre l'altra si trova sul fondo. Le funi, che sostengono le benne, passano all'orificio sopra due mollette, disposte in piani tangenti al tamburo di avvolgimento delle funi. Questo è coll'asse verticale e ruota attorno al proprio asse per effetto di un maneggio a due cavalli. La fune che sopporta la benna uscita dal pozzo, trovasi in figura avvolta alla parte inferiore del tamburo, mentre la fune relativa all'altra benna, trovasi tutta svolta dal tratto di tamburo superiore. La doppia conicità del tamburo e la posizione delle mollette, sono stabilite in modo da obbligare le funi ad un regolare avvolgimento e svolgimento dal tamburo.

RUOTA A CAVIGLIE



Fig. 157.

Nella figura — che rappresenta una installazione americana — si vede che il maneggio dà anche movimento, per mezzo di un doppio imbocco conico, ad una coppia di macine verticali (sulla destra della figura) che macinano del minerale argentifero.

Lo sforzo continuo che può esercitare un uomo sulla manovella di un verricello è di 8 kilogrammi, con una velocità di 75 centimetri al 1″, ossia in dieci ore produce 216.000 kilogrammetri. Un cavallo di media taglia sviluppa uno sforzo di 45 kilogrammi con una velocità di 0,90 al 1″ ed in dieci ore quindi svolge un lavoro di 1.458.000 chilogrammetri.

Macchine d'estrazione.

426. Nelle installazioni importanti e di carattere permanente, l'estrazione del materiale è compiuta mediante le macchine d'estrazione, le quali muovono i tamburi di avvolgimento delle funi.

Le macchine d'estrazione sono generalmente a vapore: Quelle idrauliche s'incontrano solamente nelle regioni dove vi sono cadute d'acqua utilizzabili, come ad es. nell'Harz e nell'Ungheria: Le macchine elettriche da poco tempo prendono largo piede nelle miniere che possiedono reti di distribuzione d'energia: Infine le macchine ad aria compressa servono solo per piccole estrazioni da pozzi sotterranei, che mettono in comunicazione fra loro immediati livelli delle miniere; generalmente si ritrovano queste ultime mac-

MANEGGIO A CAVALLI

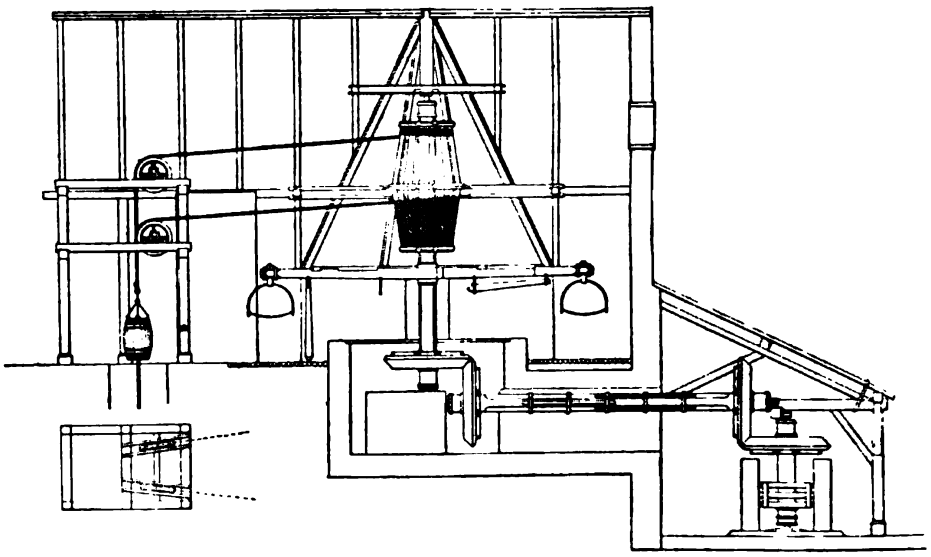


Fig. 158.

chine solo nelle miniere dove per muovere perforatrici o per altre occorrenze, esistono delle condotte d'aria compressa.

Comunque sia la macchina d'estrazione, essa deve possedere l'inversione di marcia, deve essere per quanto possibile semplice, di facile e sicura manovra, ed infine economica pel costo dell'energia che assorbe.

427. Il lavoro richiesto alla macchina d'estrazione non è costante, ma anzi molto variabile. Varia da corsa a corsa delle gabbie nel pozzo, secondochè esse caricano minerale, sterile, legname, o personale e varia pure a seconda della velocità impressa alle gabbie, la quale è diversa, per ovvie ragioni, quando ad es. esse portano persone invece di materiale.

Ma il lavoro varia anche durante una stessa corsa delle gabbie lungo il pozzo, perchè da istante ad istante è diversa la lunghezza

rispettiva delle due funi che pendono nel pozzo, e se si vuole anche, perchè le velocità che si imprimono alle gabbie sono diverse a seconda della posizione delle gabbie stesse lungo il pozzo.

Perchè la macchina d'estrazione abbia a marciare in condizioni favorevoli, sarebbe conveniente ch'essa fosse chiamata a svolgere un lavoro costante: Ma per la natura stessa dell'estrazione e pel modo nel quale essa si compie, ciò non è possibile. Si cerca quindi di restringere, per quanto si possono, i limiti delle variazioni del lavoro resistente che la macchina deve vincere, ed a ciò si arriva in un modo solo, cercando, cioè, di annullare il momento resistente che si produce sull'albero dei tamburi per la differenza variabile della lunghezza delle funi pendenti nel pozzo.

Che lo sforzo richiesto al motore, durante una escursione delle gabbie nel pozzo, non possa essere costante, è, come si disse, evidente: basta infatti osservare che varia nei successivi istanti la lunghezza, e quindi il peso, dei tratti di fune che si trovano nel pozzo, e che è precisamente tale peso che, sommandosi ai pesi delle gabbie e dei vagoncini, determina sull'albero dei tamburi le coppie componenti il momento resistente.

Se supponiamo la gabbia coi vagonetti carichi sul fondo del pozzo, e la gabbia coi vagonetti vuoti alla recetta superiore, ammesso che i tamburi siano di egual diametro e che le funi non si avvolgano su sè stesse, il momento resistente risulta massimo perchè dato dalla differenza dei due momenti, uno positivo creato dal peso della gabbia coi vagonetti vuoti e l'altro negativo, dato dal peso della gabbia coi vagonetti pieni e colla fune di sostegno distesa lungo il pozzo.

Facciamo astrazione dal peso delle gabbie, dei vagonetti, e del minerale. All'inizio della marcia possiamo dire di avere un momento negativo, dovuto alla fune che scende dall'una molletta fin sul fondo del pozzo. Col marciare della macchina d'estrazione questa fune s'avvolgerà, mentre si svolgerà l'altra: Il momento negativo diminuirà, mentre crescerà quello positivo. Quando le due gabbie s'incontreranno nel pozzo, i due momenti saranno eguali perchè saranno di egual lunghezza i due tratti di fune pendenti nel pozzo.

Il momento risultante sull'albero dei tamburi, che ci rappresenterà, colle sue variazioni, le variazioni del momento resistente, sarà in quell'istante nullo. Alla fine della marcia i momenti resistenti saranno come al principio, ma con segno diverso.

Le variazioni quindi sono lineari, e date ad ogni giro dell'al-

bero dei tamburi da $p.\ 4\pi\gamma$, se con p s'indica il peso di un metro corrente di fune, e con γ il raggio d'avvolgimento dei tamburi. Graficamente la legge di variazione dei momenti sarà (figura 159) rappresentata dalla retta $A'\ C'$, ove AC rappresenta la durata della traslazione delle gabbie nel pozzo od anche la lunghezza del pozzo; B l'incontro delle gabbie nel pozzo.

Consideriamo un pozzo di 700 m.; una fune del peso di 6 Kg. al m. corr., ed una gabbia che nei vagonetti contenga il carico di 3 T. Il momento resistente iniziale, dovuto alla fune, è maggiore di quello dovuto al materiale da sollevare: esso è infatti $\gamma\ (700 \times 6) = \gamma \times 4200$ mentre quello dovuto al minerale è $\gamma \times 3000$.

Il momento resistente in B si ridurrà a $\gamma \times 3000$.

428. Per avvicinare i limiti entro i quali oscilla il momento resistente, e cioè per regolarizzare l'estrazione del materiale, allo scopo di diminuire la potenza necessaria all'installazione e di ottenere una marcia regolare ed economica del motore, si adottarono nella pratica due soluzioni.

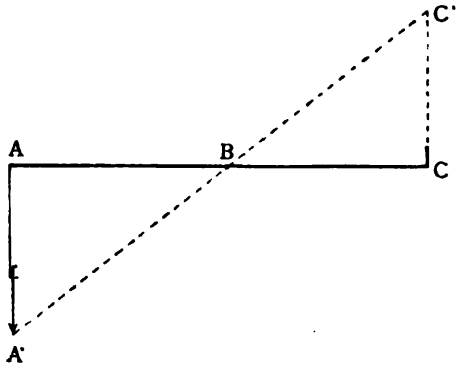


Fig. 159.

Colla prima, agendo sul raggio d'avvolgimento r della fune sul tamburo, si rende r variabile, in modo da far risultare costante il prodotto $Q\,r$ del peso cioè della fune pendente nel pozzo pel raggio r; è questa una soluzione anche dinamica, perchè col variare di r si fa opportunamente variare la velocità delle gabbie nel pozzo.

Colla seconda soluzione si determina sull'albero dei tamburi un terzo momento M', che diremo d'equilibrio, in modo che $M' = M_1 - M_2$: Questa regolazione è statica.

La prima soluzione è adottata quasi sempre in via di approssimazione nelle installazioni importanti: la seconda, che è talvolta rigorosa, è applicata nelle installazioni più modeste.

429. *Regolazione del momento resistente sull'albero dei tamburi facendo variare il raggio d'avvolgimento.* — Le funi che scendono dalle mollette, si avvolgono in senso inverso sui due tamburi calettati sopra l'albero della macchina d'estrazione, per cui, girando l'albero in un determinato senso, l'una fune si avvolgerà mentre l'altra si svolgerà dal corrispondente tamburo, ed invertendo il

senso di rotazione dell'albero, le due gabbie, conseguentemente, si muoveranno in senso inverso lungo il pozzo.

Se le funi sono piatte, esse s'avvolgono a spirale sopra tamburi cilindrici di larghezza poco superiore alla larghezza della fune, e di diametro sufficiente perchè la fune, pel fatto dell'avvolgimento, non abbia a soffrire. Questi tamburi, che prendono il nome di *bobine,* sono limitati lateralmente da razze (vedi le fig. 163 e 165), in guisa che le funi piatte s'avvolgono a successivi giri sopra sè stesse. Si ha allora ad ogni giro dell'albero un incremento od una diminuzione dei raggi di avvolgimento, eguali allo spessore delle funi, e precisamente, aumenterà o diminuirà il raggio d'avvolgimento, secondo che, rispettivamente, diminuirà od aumenterà di lunghezza il tratto corrispondente di fune sospeso nel pozzo.

Per cui, stabilito lo spessore della fune, è possibile calcolare opportunamente gli avvolgimenti che dovranno avere le funi sui tamburi, per giungere ad una soddisfacente regolazione dei momenti.

È naturale però che la compensazione dei momenti non può con funi piatte riuscire rigorosa.

Mentre, infatti, le variazioni nei raggi di avvolgimento delle funi sono costanti ad ogni giro, ed eguali, come si disse, allo spessore della fune, sono invece continuamente diverse ad ogni giro le lunghezze delle funi rispettivamente svolte ed avvolte sui due tamburi: Quindi si ha una regolazione approssimata. Solo all'incontro delle due gabbie nel pozzo si avrà, naturalmente, l'eguaglianza dei momenti. Tale incontro, nel caso presente, non avverrà alla metà del pozzo ma più in basso, perchè effettivamente dopo l'incontro delle gabbie, con un egual numero di giri, malgrado che una fune si avvolga e l'altra si svolga dai tamburi, una gabbia dovrà arrivare a giorno, e l'altra sul fondo del pozzo.

430. Col calcolo si stabilisce facilmente che la differenza dei momenti corrispondenti alle due bobine, risulti annullata quando le gabbie sono al termine della loro corsa.

Sia P il peso morto (gabbia e vagonetti) attaccato ad ogni fune; Q il peso del carico; p, il peso per m. corr. della fune; r il raggio minimo ed R quello massimo di avvolgimento della fune sulla bobina; sia, infine, s lo spessore costante della fune piatta ed l la profondità del pozzo.

L'eguaglianza dei momenti all'arrivo ed alla partenza delle gabbie è dato da:

$$(1)\quad (P + Q + p\,l)\,r - PR = (P + Q)\,R - (P + p\,l)\,r$$

Ma siccome l'area della corona circolare di fune avvolta è nota: $\pi (R^2 - r^2) = l \, . \, s$, si può ricavare r, e sostituendo nella (1) si ha:

$$R = \frac{Q + 2P + 2pl}{2} \sqrt{\frac{s}{\pi p (Q + 2P + pl)}}$$

Quando, invece di funi piatte, si adoprano funi tonde metalliche, poichè il successivo avvolgimento di tali funi su sè stesse non sarebbe consigliabile, si adottano dei *tamburi conici,* sulla cui superficie si adagiano regolarmente, in opportune gole, le successive spire delle funi.

Proiettando l'avvolgimento sopra un piano perpendicolare all'asse del tamburo, si ottiene una spirale d'Archimede, come colle bobine, per cui la regolazione, anche in questo caso, è soltanto approssimata.

Il passo della spirale riesce però coi tamburi conici indipendente dallo spessore della fune, a ciò permette l'impiego di funi di diametro decrescente e cioè di minimo peso.

Prescindendo da ciò e tenendo le notazioni precedenti, il momento iniziale, colla gabbia piena al fondo, è:

$$(P + Q + pl) r - PR$$

ed il momento finale, quando la gabbia piena arriva a giorno, è:

$$(P + Q) R - (P + pl) r$$

eguagliando si ricava:

$$R = \frac{2P + Q + 2pl}{2P + Q} r.$$

Per funi d'acciaio, r deve almeno essere eguale a 1500 volte il diametro dei fili elementari, per cui si può determinare R e quindi il raggio medio R_1 del tamburo, che sarà $R_1 = \frac{R + r}{2}$. L'espressione $l = 2 \pi R_1 n$ ci farà conoscere il numero di spire n necessario per stabilire la larghezza del tamburo.

431. Vediamo ora come varia il momento resistente durante la salita dei vagonetti pieni e la discesa di quelli vuoti.

Consideriamo le gabbie al loro punto d'incontro: diciamo ancora Q il carico, P il peso della gabbia coi vagonetti vuoti, p il peso per metro corr. della fune piatta, che, per non complicare

il calcolo, supporremo di sezione costante, s lo spessore della fune, h la profondità del punto d'incontro delle gabbie nel pozzo a cui corrisponde il raggio medio ρ d'avvolgimento. Dopo m giri, per la gabbia che sale, avremo sull'albero delle bobine il momento:

$$M' = (Q + P)(\rho + m s) + \left[p h - p . 2 \pi m \left(\rho + \frac{m s}{2} \right) \right] (\rho + m s)$$

e per la gabbia che scende, il momento:

$$M'' = P[\rho - m s] + \left[p h + p . 2 \pi m \left(\rho - \frac{m s}{2} \right) \right] (\rho - m s)$$

La differenza $M' - M'' = M$ ci dà il momento resistente che deve vincere la macchina d'estrazione. Risulta:

$$M = Q \rho + (Q + 2 P + 2 p h) m s - 4 \pi p . m \rho^2 - p . 2 \pi m^3 s^2$$

Ora $Q \rho$ è il momento all'incontro delle gabbie; la rimanente parte del secondo termine, che indicheremo con M_1, ci rappresenta perciò la variazione, per ogni valore di m e cioè per ogni giro, del valore medio $Q\rho$.

Indicando con l la profondità del pozzo e con n il numero dei giri, che deve fare l'albero motore, per portare le gabbie dal loro incontro alla superficie o sul fondo del pozzo, risulta:

$$2 \pi n \left(\rho + \frac{n s}{2} \right) = h \qquad 2 \pi n \left(\rho - \frac{n s}{2} \right) = l - h$$

$$4 \pi n \rho = l$$

e sostituendo nell'espressione di M_1:

$$M_1 = \left[(Q + 2 P + p l) s + \frac{p l s^2}{8 \pi \rho^2} - 4 \pi \rho^2 p \right] m - 2 \pi p m^3 s^2$$

ossia $M_1 = \varphi (m)$.

Portando i successivi valori di m come ascisse ed i corrispondenti valori di M_1 come ordinate, si ottiene una curva di 3°, la quale ci rappresenta il modo di variare di M_1. La curva passa per l'origine degli assi, perchè per $m = o$ pure $M_1 = o$.

Se vogliamo che M_1 sia nullo anche alla partenza delle gabbie ed alla fine della corsa, basterà sia $M_1 = o$ per $m = \pm n = \pm \frac{l}{4 \pi \rho}$

Si ottiene allora un'espressione, $\varphi (\rho s) = o$, dalla quale, fissata una delle variabili, si ricava l'altra.

432. Se le funi invece di essere piatte sono tonde, esse non si avvolgono su bobine, ma invece ad uno o più strati sopra tamburi. — È necessario, trattandosi di funi metalliche, provvedere in modo che le funi non si abbiano ad accavalcare nei successivi giri su sè stesse.

I tamburi cilindrici non danno evidentemente variazioni nel raggio d'avvolgimento. — Si può però ottenere un avvolgimento analogo a quello delle funi piatte su bobine anche colle funi tonde, costruendo i tamburi di avvolgimento conici anzichè cilindrici. La fune, allogandosi nei successivi giri sopra una spirale conica, aumenta ad ogni giro il raggio del proprio avvolgimento di una certa quantità r, che in questo caso è indipendente dallo spessore della fune e può essere quale si voglia. Si può quindi ottenere una conveniente regolazione dei momenti resistenti, determinando, come in precedenza, il diametro iniziale e finale d'avvolgimento, e per r il valore più conveniente. Con ciò la legge di variazione dei momenti sarà come nel caso precedente, e perciò la regolazione dei momenti sull'albero dei tamburi conici riuscirà approssimata, come si ottiene colle bobine.

433. La rigorosa compensazione dei momenti lungo tutta la corsa delle gabbie nel pozzo, non si può ottenere che a patto di far variare convenientemente il raggio di avvolgimento della fune sul tamburo ad ogni giro. Occorrono allora tamburi speciali, che presentano superfici di rivoluzione le cui generatrici si avvicinano, nella forma, ad archi di parabola.

Questi tamburi speciali, che convengono nelle installazioni di pozzi molto profondi, si dicono ***spiraloidici.***

434. I tamburi conici e spiraloidici presentano l'inconveniente di riuscire molto grandi, e di richiedere quindi degli alberi assai lunghi.

Per restringere la lunghezza dell'albero si sostituiscono sovente ai tamburi conici, dei tamburi cilindro-conici, accoppiando secondo le basi maggiori due tamburi conici coll'intermediario di un tratto cilindrico, che rimane comune agli avvolgimenti delle due funi, per cui, ad un certo istante, mentre la fune che si avvolge passa, p. e., dalla parte conica di sinistra del tamburo sulla cilindrica, quella che si svolge, abbandona, a destra, il tratto cilindrico per passare su quello conico.

La fig. 165 rappresenta uno di questi tamburi, adottati nella miniera di Tamarak. La regolazione è evidentemente approssimata.

435. *Regolazione del momento resistente sull'albero dei tamburi*

equilibrando i pesi delle funi. — La seconda soluzione applicata per regolare il momento resistente sull'albero dei tamburi consiste, come fu detto, nel creare sull'albero un momento d'equilibrio; questo si può ottenere in due modi diversi, e cioè o unendo le due gabbie inferiormente con un tratto di fune che va sino sul fondo del pozzo, o mettendo l'albero dei tamburi in relazione a un contrappeso variabile, che agisce in determinati intervalli di tempo.

Il primo modo di risolvere la questione è evidentemente rigoroso se la fune d'estrazione ha diametro uniforme: sotto le gabbie si colloca una fune di peso per metro corrente eguale alla fune principale. Sovente per tale uso si adoprano delle funi vecchie, specialmente piatte perchè più flessibili.

Talvolta si preferisce usare, anzichè due funi, una sola fune d'estrazione continua. — Si ha allora un sistema d'estrazione particolare, noto sotto il nome di Koepe, benchè non ne sia lui l'inventore, nel quale i tamburi d'avvolgimento sono sostituiti da un'unica puleggia, che per aderenza trasmette il movimento alla fune.

Nella fig. 160 è schematicamente rappresentato tale sistema. Le gabbie sono fissate sulla fune continua; essa va fino sul fondo del pozzo, poi i due rami passano sopra le due mollette, indi si riuniscono, abbracciando la puleggia motrice. Questa porta sovente delle disposizioni periferiche particolari per assicurare la necessaria aderenza della fune alla puleggia.

Questo sistema ricevette in qualche contrada, e specialmente nella Vestfaglia, numerose applicazioni per profondità di 400 ÷ 600 metri. Le prime applicazioni del sistema d'estrazione a fune continua datano dal 1858, ma il sistema si diffuse solo da quando furono fabbricate le funi d'acciaio a grande resistenza, e quindi di poco peso, poichè difetto del sistema a fune continua, come di quelli con fune d'equilibrio, è di dare movimento, e quindi far acquistare notevole forza viva, ad una massa di fune doppia di quella normale: Per ciò, e specialmente per evitare gli sballottamenti della fune sotto le gabbie, i sistemi con funi d'equilibrio si limitano agli impianti relativamente poco veloci.

Il sistema Koepe presenta l'inconveniente di non permettere l'adozione di funi a diametro variabile, sebbene per le profondità suaccennate siano ben indicate le ordinarie funi di acciaio.

Inoltre la ingrassatura necessaria alle funi metalliche, diminuisce l'aderenza alla puleggia; le funi speciali, ad es. le Felten e Guilleaume, quasi intaccabili dalle ordinarie acque di miniera, riparano in parte all'inconveniente.

Ma l'appunto più grave che si può fare al sistema Koepe si

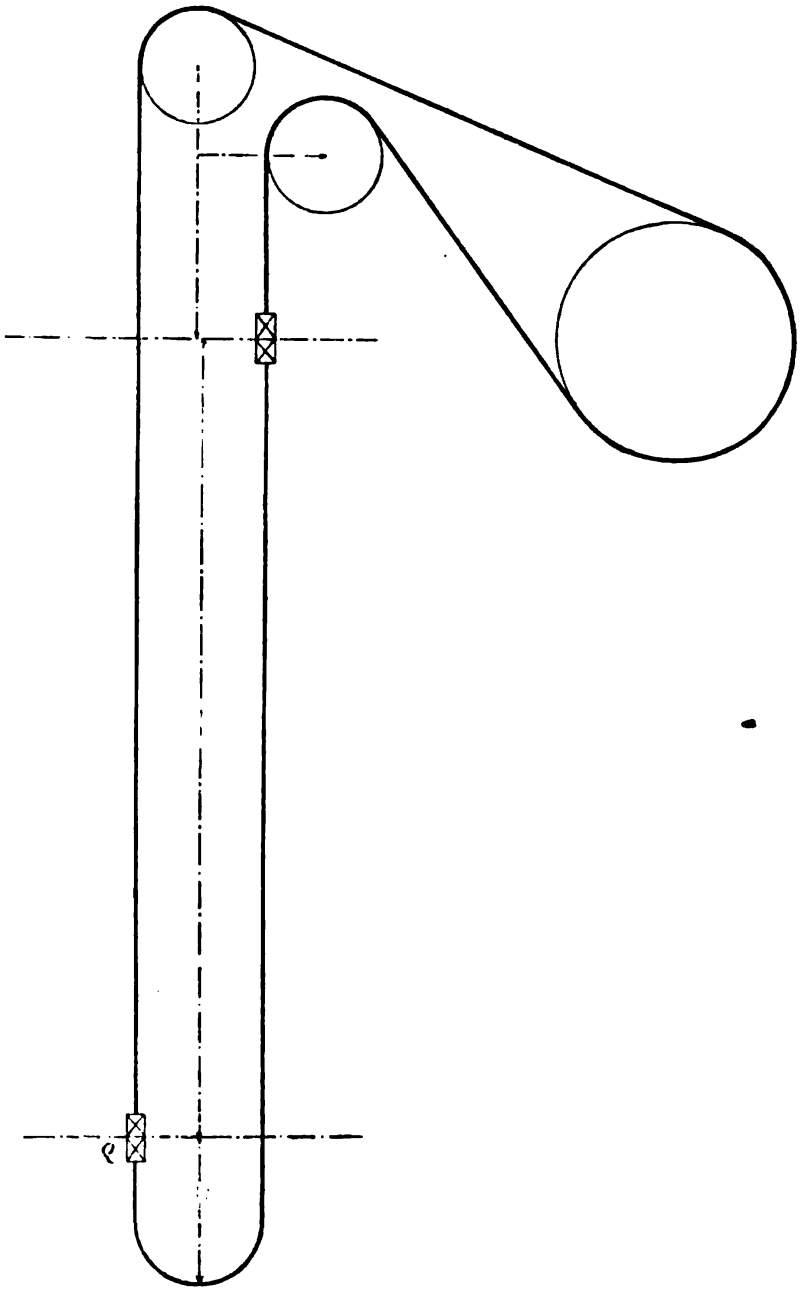


Fig. 160.

è che esso stabilisce un'assoluta relazione fra le due gabbie, per cui, in caso di rottura delle funi, entrambe cadono nel pozzo. A

quest'inconveniente si può riparare stabilendo nel pozzo una fune di sicurezza, che fa l'ufficio di paracadute, ma questa disposizione, od altre analoghe, tornano sempre a danno della semplicità primitiva del sistema, che ne costituisce il maggior pregio.

436. L'applicazione dei contrappesi all'albero dei tamburi, che generano momenti d'equilibrio, ebbe luogo specialmente in Inghilterra; in generale il contrappeso più comodo in questo caso è una pesante catena, che si solleva o si abbassa, direttamente o per mezzo di funi e puleggie di rimando, gravando più o meno sopra un tamburo speciale, posto in relazione all'albero dei tamburi delle funi d'estrazione.

È semplice, ad es., supporre sopra il tamburo speciale avvolta una fune leggera ma di una certa resistenza, la quale, passando nella gola di una puleggia e svolgendosi in un pozzetto poco discosto, si unisce al capo di una pesante catena, che giace completamente sul fondo del pozzetto quando le gabbie d'estrazione sono al punto d'incontro nel pozzo. Durante la salita della gabbia piena oltre il punto d'incontro, diminuisce il momento resistente dell'estrazione; contemporaneamente, sollevandosi la catena dal fondo del pozzetto, si produce un certo momento resistente sull'albero dei tamburi, atto a mantenere l'equilibrio. Quando le gabbie sono al termine della loro corsa e pronte per una nuova manovra, siccome si inverte il senso di rotazione dell'albero dei tamburi d'estrazione, la catena che pende nel pozzetto crea un momento positivo, che favorisce la manovra, e man mano che le gabbie si avvicinano fra loro, la catena si deposita sul fondo del pozzetto, per cui diminuisce il relativo momento positivo, finchè questo diviene nuovamente zero all'incontro delle gabbie nel pozzo, essendosi la catena interamente deposta sul fondo del pozzetto.

Nella seconda metà della corsa la catena verrà di nuovo sollevata, creando un momento resistente che sarà massimo al termine della corsa, e che si tramuterà in un momento favorevole al movimento, o positivo, quando, per l'ulteriore manovra, s'invertirà nuovamente il senso di rotazione dell'albero dei tamburi d'estrazione.

Nella fig. 161 è rappresentato in modo di per sè evidente un sistema con catena d'equilibrio, stato proposto recentemente. Fra le funi principali si avvolge sul tamburo la fune E senza fine, che sopporta la catena $A\,E\,C$, amarrata in C. L'altezza $A\,E$ deve essere un quarto della lunghezza del pozzo.

In altre installazioni, in relazione al tamburo della macchina

di estrazione c'è una piccola fune, la quale sostiene quella di equilibrio, che si sposta convenientemente, trovandosi costantemente vincolata dalla posizione delle gabbie nel pozzo. Nella figura 162 schematicamente si osserva come la fune d'equilibrio si muove nel pozzo, guidata in due piccoli compartimenti laterali a quello delle gabbie, e come essa è sorretta dalla funicella che si avvolge sul tamburo della macchina d'estrazione, determinando così in ogni istante il momento d'equilibrio.

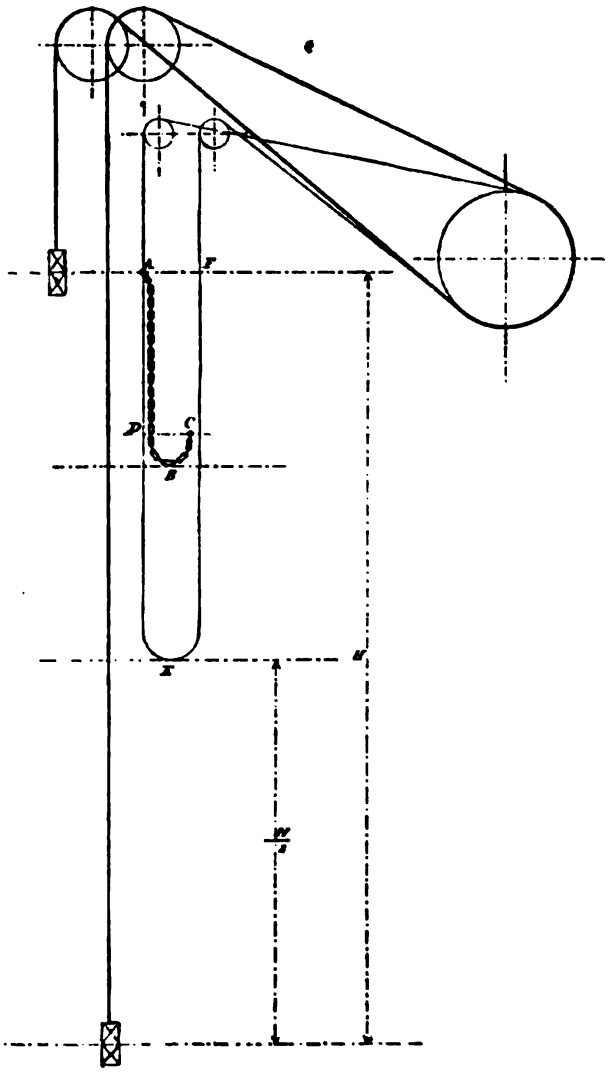


Fig. 161.

Oltre le accennate furono proposte altre disposizioni, intese a sottrarre la macchina d'estrazione alle variazioni dei momenti resistenti, ma fino ad ora ebbero rare applicazioni.

437. **Motori d'estrazione.** — *Arganelli.* — Gli arganelli sono a vapore, ad aria compressa, ad acqua od elettrici: servono in alcune piccole installazioni e nelle miniere di qualche importanza solo pei pozzetti interni. Gli argani a vapore sono a due cilindri o talvolta a quattro: per ottenere compattezza nella costruzione e quindi ridurre lo spazio occupato, i cilindri sono soventi disposti inclinati di 60° e gli steli comandano le manovelle di un albero orizzontale, che dà movimento ai tamburi per mezzo di due rocchetti, che imboccano nelle ruote dentate calettate sui tamburi.

Gli argani ad aria compressa sono analoghi nella loro struttura a quelli a vapore. Sono assai più di questi ultimi comodi nelle installazioni sotterranee, dove ricevono quasi esclusivamente applicazione. — Gli argani idraulici sono posti in movimento da piccole macchine a colonna d'acqua: infine quelli elettrici comportano un motore elettrico e la riduzione notevole di velocità che si richiede, è ottenuta in generale con una vite perpetua, e solo più raramente con ruotismi elicoidali.

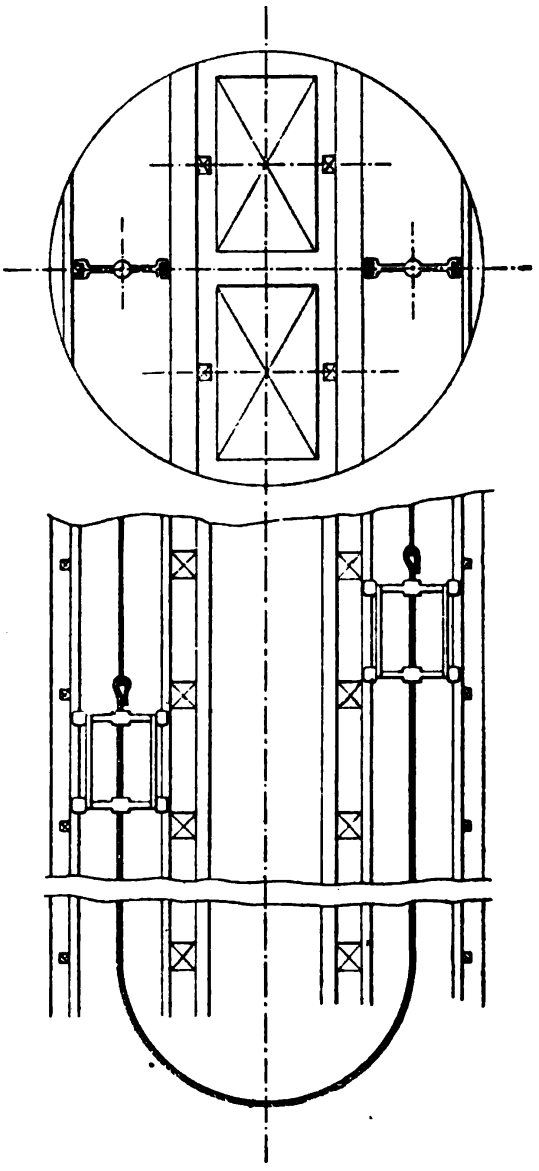


Fig. 162.

438. *Motori di estrazione a vapore.* — Per la storia retrospettiva si accenna che la prima macchina d'estrazione a vapore fu a bilanciere, a bassa pressione e con condensazione. Da essa si passò alle macchine orizzontali con ingranaggi, poscia ai tipi più perfezionati e più veloci, senza ingranaggi.

Le macchine d'estrazione a vapore moderne sono a due cilindri, con manovelle calettate a 90° per evitare gli inconvenienti che nascerebbero con un sol cilindro per la messa in marcia, qualora vi fosse la biella su un punto morto.

Ogni cilindro della macchina d'estrazione deve poter sviluppare da solo il massimo sforzo che può esser richiesto al motore; perciò la sezione del cilindro va calcolata in base a tale sforzo massimo, il quale corrisponde alla differenza massima

dei momenti sull'albero dei tamburi. Generalmente, se colla variazione dei raggi d'avvolgimento si compensarono i momenti, il maggior momento resistente si ha quando la gabbia carica è alla recetta superiore del pozzo e viene alquanto sollevata pel giuoco dei taquet, mentre la gabbia coi vagonetti vuoti posa sulla recetta inferiore del pozzo. Tuttavia sarà consigliabile in ogni caso determinare i vari momenti che si verificano durante una manovra completa delle gabbie lungo il pozzo, per conoscere quello di valore più elevato, in base al quale si calcolerà il volume del cilindro, essendo conosciuta la pressione del vapore ed il coefficiente di rendimento del motore.

Determinato il volume del cilindro, si fissa la corsa dello stantuffo e se ne calcola la sezione. La corsa dello stantuffo è in relazione alla velocità media delle gabbie nel pozzo; praticamente è compresa tra $1^m \div 1^m.50$; non scende sotto un metro, perchè allora le manovre divengono difficili, corrispondendo a piccoli spostamenti dello stantuffo notevoli movimenti delle gabbie.

Detto Q il peso utile in kg. da innalzarsi in n ore all'altezza di H metri; la potenza in cavalli della macchina d'estrazione risulta espressa da:

$$P = K \frac{Q \cdot H}{75 \cdot n \cdot 60 \cdot 60}$$

dove il coefficiente K dipende dal rendimento del motore e dalla velocità che si vuol imprimere alle gabbie. Se a queste si vuol dare la velocità media V_m, per avere l'estrazione giornaliera richiesta, la potenza in cavalli della macchina dovrà essere:

$$P = K' \frac{Q \cdot V_m}{75}$$

dove K' è il coefficiente di rendimento della macchina, che la pratica mostra compreso tra 0.60 e 0.75.

Praticamente si fissa il carico Q per ogni viaggio (i pesi delle gabbie e dei vagonetti si equilibrano), e tenendo conto delle perdite di tempo dovute alle manovre, si determina la velocità media V_m: questa non è mai superiore a 10 metri al 1".

439. Per la marcia intermittente della macchina d'estrazione, l'adozione della condensazione, azionata dalla macchina stessa, non ha dato buoni risultati, perchè durante le manovre il condensatore non può agire, e l'irregolarità della marcia non permette un conveniente funzionamento delle pompe ad aria; di più, col va-

riare del lavoro richiesto al motore d'estrazione da istante ad istante, varia anche il volume di vapore da condensare; si dovrebbe quindi provvedere ad una somministrazione variabile d'acqua al condensatore, e ciò creerebbe delle gravi complicazioni negli apparecchi.

In Vestfaglia si stabiliscono ora, in prossimità delle grandi sedi d'estrazione, delle *centrali di condensazione* indipendenti, alle quali si inviano gli scarichi di tutti i motori a vapore della sede, e quindi anche delle macchine d'estrazione. Queste centrali, già suggerite molti anni fa dal Callon, ebbero pure applicazioni in Francia, Slesia, nel Transwaal e nel Giappone: Esse, munite di pompe di grande potenza talvolta mosse elettricamente, sono provvedute di apparecchi a miscela od a superficie, secondo la dotazione d'acqua di cui dispone la sede. Numerosi impianti di questo genere sono stati fatti dalla ditta Balcke di Bochum.

Per economia di vapore le macchine d'estrazione di qualche importanza sono ad espansione: l'adozione dei due cilindri colle manovelle a 90° è necessaria per evitare che, arrestando il motore durante l'espansione, ne resti impedita l'ulteriore rimessa in marcia: è pure per evitare questo inconveniente, che colle macchine gemelle si fa il grado d'espansione minore di $^1/_2$.

L'espansione tuttavia è sempre soppressa nel momento delle manovre o quando transitano persone, in cui occorre avere la macchina ben alla mano, ed in grado di poter essere fermata in qualunque posizione colla sicurezza di ripartire.

L'espansione può anche permettere, se bene regolata, di proporzionare durante ogni corsa il lavoro motore a quello resistente, e quando le variazioni di lavoro scartano notevolmente da un valore medio, la regolazione dell'espansione è economicamente più conveniente dell'uso del moderatore di pressione. Ma l'esperienza ha dimostrato che il macchinista addetto alla macchina d'estrazione non si vale per regola dell'espansione, per quanto la manovra occorrente gli sia resa semplice e facile. Quindi, abbandonati i sistemi d'espansione regolabili dal macchinista, si adottano per le macchine d'estrazione solo quelli automatici.

440. Il Guinotte già dal 1873 aveva costruito una macchina d'estrazione in cui le variazioni nell'espansione si calcolavano sulle variazioni del momento resistente, per cui il motore, svolgendo in ogni istante una potenza eguale alla resistenza, manteneva quindi la marcia regolare. Ma la soluzione trovata dal Guinotte — consistente nel mettere la leva, che comanda la distribuzione, nel suo

movimento in relazione al lembo opportunamente tracciato di un regolo — per quanto semplice non soddisfece, perchè praticamente l'espansione riusciva immutabile anche quando mutava il momento resistente.

Si preferisce ora far variare l'espansione mediante regolatore.

Quando la macchina aumenta di velocità oltre un certo limite, il collare del regolatore si alza, e diminuendo la durata dell'ammissione, produce l'espansione conveniente. Questo sistema, sicuro, semplice ed efficace, è naturalmente applicabile solo ai pozzi relativamente profondi, pei quali l'accelerazione del movimento dà tempo al regolatore di agire.

Nelle grandi installazioni recenti si ricorse per le macchine d'estrazione alle forti pressioni di vapore, adottando il sistema Compound. Con ciò il consumo di vapore, che era di 60 kg. per cavallo-ora nelle antiche macchine senza espansione, e di 35 ÷ 40 in quelle con espansione, si ridusse a 25 kg. circa, servendosi del compound e della condensazione centrale (vedi n. 439). Le macchine compound costrutte recentemente per le miniere di Anzin, Ronchamp, Scharnhovst, ecc., sono a quattro cilindri, disposti due a due in *tandem:* esse permettono l'ammissione del vapore vivo nel cilindro a bassa pressione e con ciò si è ovviato agli inconvenienti che si verificavano nelle prime installazioni con motori compound bicilindrici in Vestfaglia, nelle quali ognuno dei due cilindri comandava un estremo dell'albero dei tamburi, per cui l'irregolarità degli sforzi su detto albero, si tramutava in vibrazioni che danneggiavano le funi: oltre ciò talvolta dette macchine presentavano difficoltà nella messa in marcia e poca docilità di manovra.

441. Le macchine d'estrazione possono essere orizzontali o verticali: I primi tipi sono di gran lunga preferiti ai secondi. Nella fig. 163 è rappresentata la grande macchina di estrazione della miniera di rame di Tamarack nello Stato di Michingan: il pozzo misura 1300 metri di profondità ed il peso sospeso alle corde è di 3 tonn. Il raggio maggiore del tamburo d'avvolgimento misura $5^{m}.50$. La macchina, come si vede, è a quattro cilindri disposti inclinati ed il tamburo di avvolgimento (fig. 164) è cilindro-conico.

Nella fig. 165 è rappresentata invece una semplice macchina d'estrazione a due cilindri con bobine: fra esse si vede la puleggia del volano. I cilindri hanno la distribuzione a cassetto e l'espansione è variabile col regolatore.

Nelle macchine d'estrazione di media potenza la distribuzione

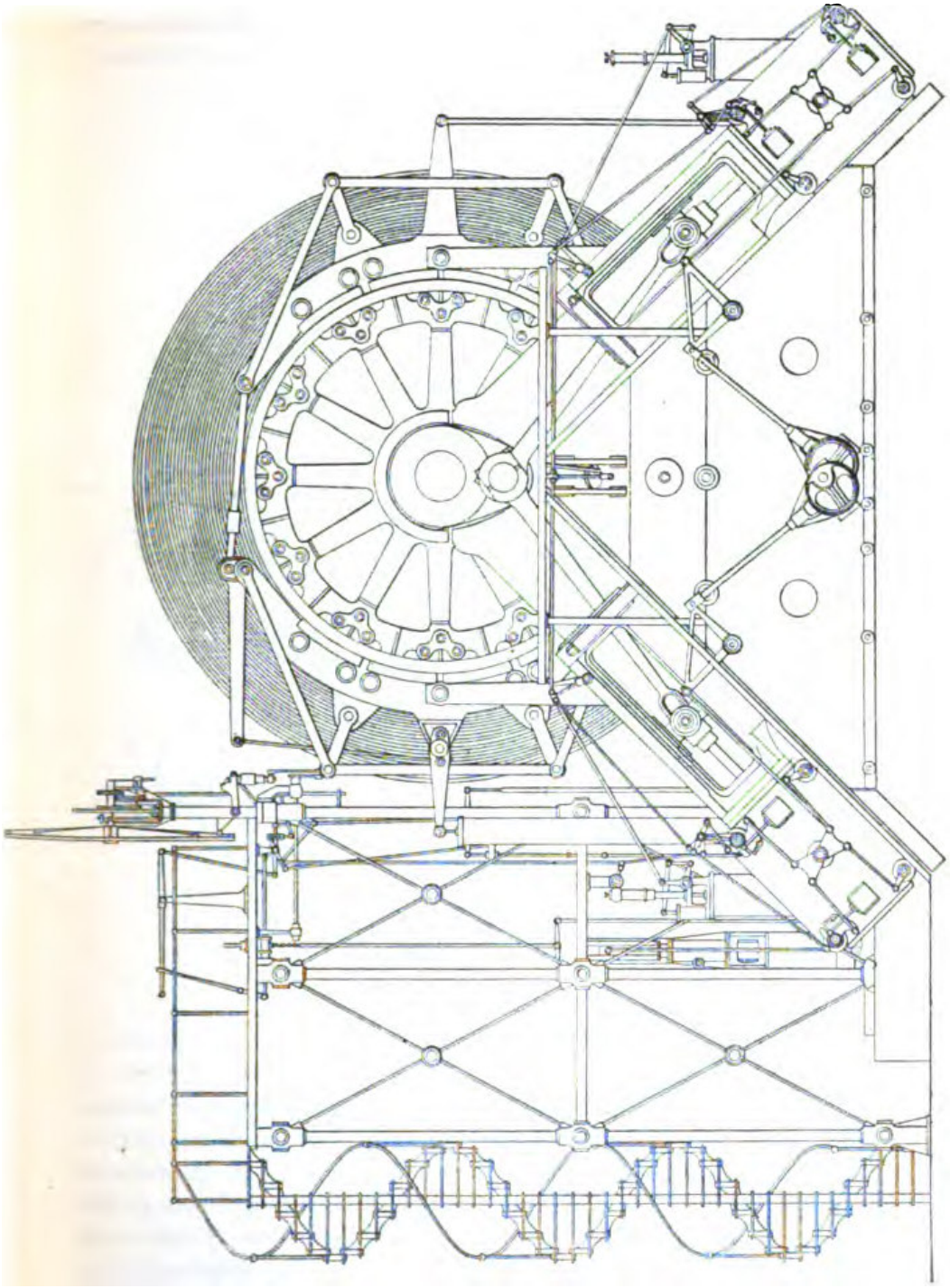


Fig. 163.

del vapore nei cilindri è sempre a cassetto: nelle macchine potenti la distribuzione è a valvole comandate da molle; sovente adottasi la distribuzione Corliss. I rubinetti sono raramente impiegati, perchè organi piuttosto delicati.

Quando le macchine hanno potenza superiore a 300 cavalli, la manovra che richiederebbe lo spostamento del cassetto per l'inver-

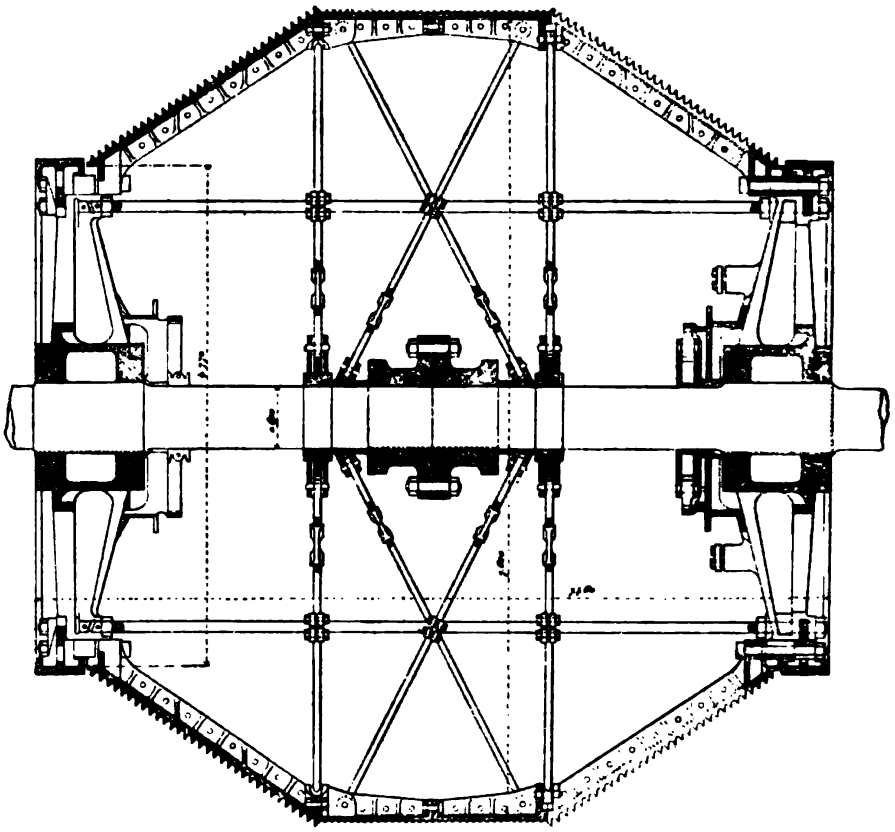


Fig. 164.

sione della marcia, diverrebbe troppo penosa pel macchinista, e allora per la manovra dei cassetti s'adottano dei servomotori.

Nella fig. 165 il movimento all'albero delle bobine è dato mediante due ingranaggi, che imboccano nei due rocchetti calettati sull'albero motore. Questa disposizione, sconsigliabile in una macchina potente come la figurata, i cui cilindri hanno 0.55 di diametro e 1.10 di corsa, trova però la sua ragione d'essere nel fatto che, essendo la macchina in figura destinata all'affondazione di un pozzo assai profondo, la velocità doveva essere necessaria-

mente ridotta (40 giri al 1'), non circolando nel pozzo delle gabbie guidate, ma bensì delle semplici benne.

Nella macchina di Tamarack il macchinista si trova nella parte superiore ed accede al suo posto mediante una scaletta a chiocciola. Nelle macchine orizzontali il macchinista è collocato a lato del motore ed ha alla mano la leva d'inversione della marcia, la

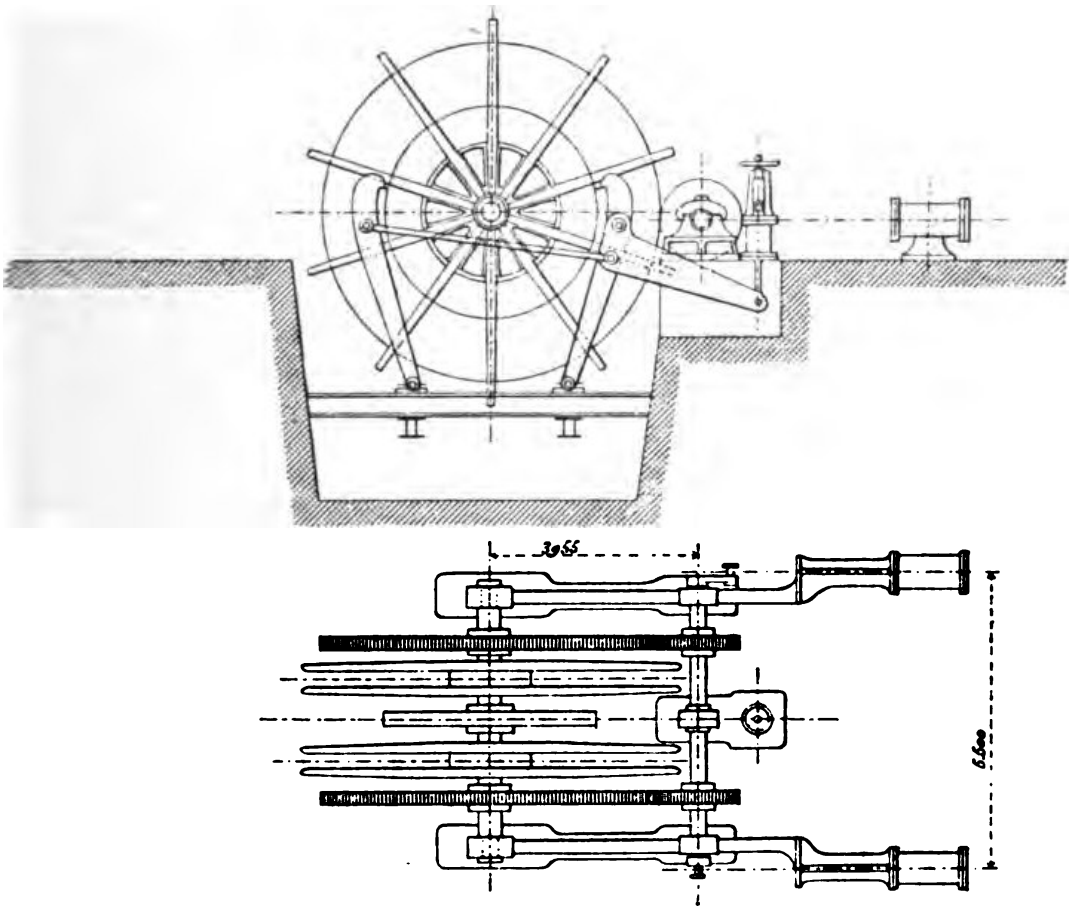


Fig. 165.

valvola d'ammissione del vapore ed il freno: sovente nelle sedi importanti vi sono altri organi di comando.

442. *Freno.* — La macchina d'estrazione per essere bene alla mano non deve essere munita di volano pesante. Anche coll'adozione dell'espansione, essendo la macchina a due cilindri gemelli, il volano non è necessario e se esso lo si trova nelle macchine di estrazione, è essenzialmente perchè è necessaria una puleggia di

grande diametro pel freno. Detta puleggia però è sempre relativamente leggera.

Il freno è un organo molto importante delle macchine d'estrazione e deve essere di semplice e sicuro funzionamento. Talvolta i freni, nelle macchine importanti, sono due, uno d'uso continuo e l'altro di riserva; in questi casi il primo freno è a vapore ed il secondo è invece comandato da un contrappeso, che viene reso libero al momento opportuno dal macchinista, agendo generalmente sopra un pedale. I freni a nastro si trovano talvolta applicati nelle macchine poco importanti: in quelle destinate a pozzi profondi, il freno è sempre a mascelle, e costituito da due zeppe che abbracciano e stringono la puleggia calettata fra i tamburi o le bobine.

Il freno deve sempre essere calcolato in modo da annullare il momento massimo che può trascinare la macchina nel suo movimento, momento che, come sappiamo, nasce dalla differenza dei prodotti delle forze applicate alle due funi (peso della fune, delle gabbie, dei vagonetti e forza viva impressa) pel raggio d'avvolgimento delle funi stesse. Il freno agisce con un momento negativo, dato dalla pressione moltiplicata per un coefficiente, che per legno su ferro è 0.85, per il raggio della puleggia su cui le zeppe agiscono.

Alcuni freni a vapore sono semplicemente comandati da un cilindro, come si vede nella fig. 165: pel movimento dello stantuffo una leva a squadra spinge le due zeppe, imperniate in basso, contro la fascia della puleggia. — Per garantire il funzionamento del freno da un'eventuale rottura della tubazione a vapore, il cilindro riceve talvolta, anzichè del vapore, dell'aria o dell'acqua compressa: si ha così una vantaggiosa indipendenza del freno dalla caldaia. Alcuni freni sono comandati da contrappesi ed il cilindro a vapore solleva il contrappeso, per cui, in caso di guasto, il freno automaticamente si chiude. Nella fig. 165 le zeppe del freno abbracciano la puleggia con un grande angolo, data la profondità notevole del pozzo e quindi il forte peso della fune.

443. *Segnalazioni.* — Il macchinista addetto all'estrazione si trova in comunicazione costante coi ***ricevitori*** dei vari livelli della miniera, mediante portavoce e talvolta col telefono. Lungo il pozzo esistono in qualche miniera delle suonerie elettriche, le quali permettono di far segnali al macchinista anche dalla gabbia. Il macchinista poi è ad ogni istante edotto della posizione che hanno le gabbie nel pozzo con segnalazioni ottiche o acustiche, ottenute facilmente, collegando cinematicamente dei quadri o degli avvisatori

coll'asse dei tamburi. Opportuni segnali colorati, posti sulle corde d'estrazione, servono anche ad avvertire il macchinista dell'approssimarsi delle gabbie alla recetta superiore, affinchè rallenti la marcia delle gabbie e non incorra nel pericolo di spingerle contro le mollette, il che apporterebbe i più gravi inconvenienti e potrebbe anche condurre alla disorganizzazione completa della sede d'estrazione. Appunto per evitare questo grave pericolo, talvolta si avvicinano le guide fra loro sopra la recetta di giorno, in modo che esse serrino ed eventualmente arrestino le gabbie. In Inghilterra sovente s'usa per fissare la gabbia alla fune un gancio speciale a tenaglia, per cui se alla recetta superiore la gabbia si solleva oltre un certo limite, la tenaglia passa per un corsoio fisso che, aprendola, la libera dalla fune: appositi *taquet* automatici sostengono in tal caso la gabbia alle guide.

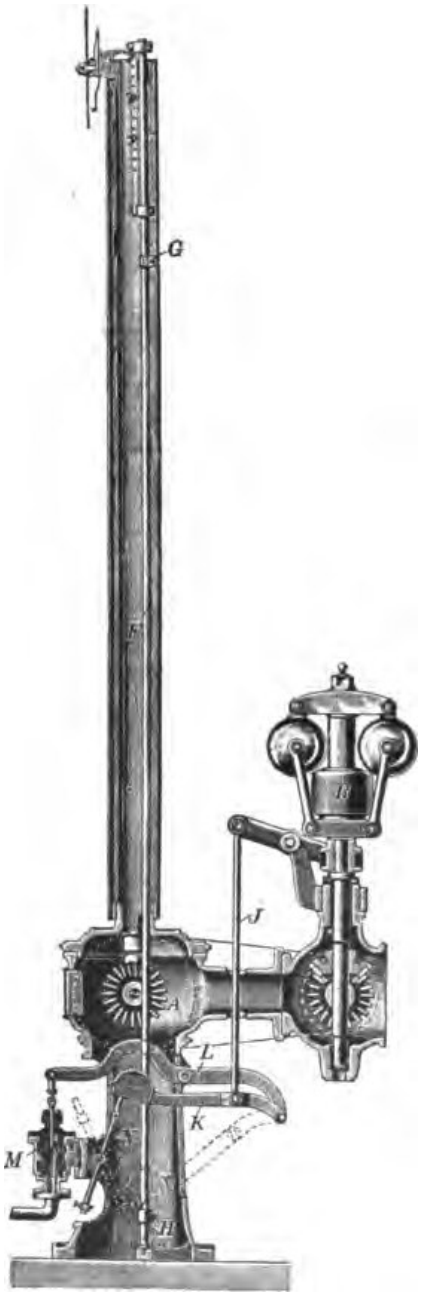


Fig. 166.

In molti pozzi vi sono disposizioni meccaniche speciali, per cui automaticamente, quando la gabbia trovasi prossima alla bocca del pozzo, per mezzo di leve si strozza l'ammissione del vapore nel cilindro motore ed entra in azione il freno: altre volte, se in prossimità alla recetta di giorno la velocità delle gabbie è eccessiva, entra in gioco un regolatore centrifugo, che agisce sul moderatore e sul freno.

Vi sono anche apparecchi completi che servono per la segnalazione al macchinista e che all'occa-

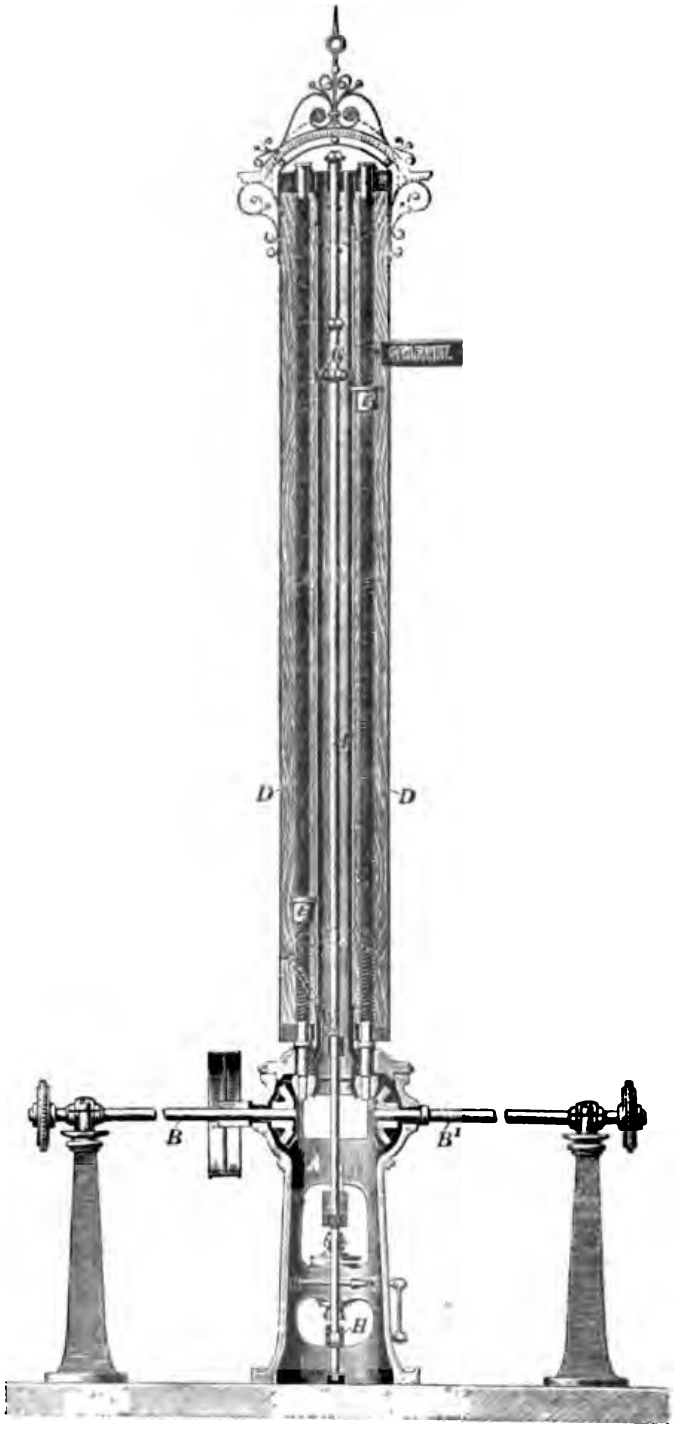


Fig. 167.

sione agiscono come regolatori della macchina (fig. 166 e 167). Uno dei più recenti è il regolatore Müller che figurava all'Esposizione di Düsseldorf.

Il *Regolatore Müller* consta essenzialmente di due viti verticali, lungo le quali scorrono due corsoi *E*, posti per mezzo di due imbocchi conici inferiori in relazione cinematica coi tamburi della macchina d'estrazione. I corsoi rappresentano quindi in ogni istante la posizione delle gabbie nel pozzo. Un regolatore *R* è pure in relazione coll'albero dei tamburi della macchina d'estrazione ed il collare del regolatore agisce sul sistema articolato *TKL*

che fa capo alla valvola *M* d'ammissione dell'aria compressa al freno. Questo sistema articolato può prendere diverse posizioni a seconda della posizione cui si obbliga l'estremo libero dell'asta *K*, alle quali corrispondono posizioni diverse del collare del regolatore. Ora è evidente che agendo su *N* si può dare all'estremo dell'asta *K* una posizione per cui il regolatore cominci ad agire sul sistema *JLM* solo quando una velocità determinata sarà sorpassata.

Così nella posizione punteggiata in figura l'asta *J* comincerà ad agire solo quando il collare del regolatore s'innalzerà oltre il limite massimo stabilito: allora agirà l'aria compressa nel freno. Invece di stabilire a mano, colla posizione dell'estremo dell'asta *K*, oltre quale velocità agirà il freno, si può ottenere tale regolazione automaticamente, modellandola sulla posizione delle gabbie nel pozzo mediante l'asta *F*, la quale, sollevata dai corsoi *E* e dal collare *G*, sposta col bracciale *H* l'estremo della leva *R*, rendendo così il freno obbediente all'azione combinata della velocità e della posizione delle gabbie nel pozzo.

444. *Macchine d'estrazione elettriche.* — Mentre nelle miniere le applicazioni elettriche alle pompe, ai ventilatori ed ai trasporti, ecc., rapidamente si moltiplicarono, il servizio dell'estrazione è rimasto quasi ovunque riservato alle macchine a vapore, le quali, del resto, giunsero ad un alto grado di perfezione nelle moderne installazioni di pozzi profondi. Tuttavia in questi ultimi tempi parecchie macchine d'estrazione elettriche, di notevole importanza, sostituirono le vecchie macchine a vapore d'impianti che era ormai necessità rifare, e che si trovavano in miniere ove già esistevano centrali elettriche.

L'estrazione elettrica però aveva già da tempo preso piede nelle modeste installazioni di pozzetti o di pozzi sotterranei, nei quali incomoda e dispendiosa riusciva la trasmissione dell'energia col vapore o mancavano gli impianti d'aria compressa per azionare argani sotterranei; infatti il primo impianto d'estrazione elettrica pare sia stato fatto nel 1899, nel Brunswich, dalla ditta Siemens Halske, precisamente in un pozzo interno.

L'estrazione dai pozzi di miniera presenta particolari difficoltà all'applicazione dei motori elettrici per la variabilità della velocità delle gabbie nel pozzo, per la velocità relativamente piccola dell'albero dei tamburi per rispetto alla velocità dei motori elettrici, per le variazioni forti che si riscontrano nel lavoro richiesto al motore durante l'estrazione, ecc.

Nelle piccole macchine d'estrazione, che prendono più pro-

priamente il nome di argani, queste difficoltà sono poco gravi ed il rapporto di velocità fra il motore e l'albero si ottiene facilmente con cinghie od ingranaggi: ma queste soluzioni nelle macchine d'estrazione dei pozzi maestri non sono applicabili. Si ricorre pertanto di preferenza nelle installazioni elettriche al sistema Koepe, il quale, oltre regolare perfettamente i momenti, si presta, disponendo magari due o tre puleggie nello stesso piano verticale ed adottando funi piatte molto flessibili, all'accoppiamento diretto con motori elettrici relativamente poco veloci. — In queste installazioni elettriche la grande puleggia Koepe, si trova installata soventi al luogo delle mollette sul castello, ove esiste anche la camera di manovra. Di questo tipo è, ad es., la macchina di Ligniles-Aire costrutta dalla ditta Lahmeyer e C.

Le macchine d'estrazione elettriche possono essere a corrente alternata od a corrente continua.

Nelle installazioni a corrente alternata la macchina d'estrazione prende l'energia, in generale, da una rete di distribuzione: Occorre quindi riparare alle forti variazioni di carico alla centrale generatrice.

L'applicazione della corrente continua ai motori d'estrazione è più comune finora che non l'applicazione della corrente alternata. La Casa Siemens, che costrusse le prime macchine, si valse dell'esperienza che aveva acquistata negli impianti tramviari, ed usò disposizioni analoghe nelle sue installazioni. Così in quella già citata della miniera di Thiederhall, nel Brunswich, si servì per la riduzione della velocità e per diminuire le perdite all'avviamento, di due motori accoppiati convenientemente, ed inoltre ottenne la necessaria elasticità nella potenza dell'impianto, senza ricorrere a generatrici molto potenti, utilizzando una grande batteria di accumulatori, la quale assorbiva l'energia in eccesso quando era disponibile, per somministrarla ai motori elettrici all'avviamento.

Le macchine d'estrazione a corrente continua non presentano particolari difficoltà per le variazioni di velocità, in dipendenza delle variazioni della coppia resistente, benchè questa, per i colpi di frusta delle funi, possa anche triplicare d'entità; le variazioni nella velocità che possono essere necessarie durante la marcia delle gabbie, sono infatti facilmente ottenibili con un reostato, inserendo cioè nel campo magnetico opportune resistenze: così pure con commutatori si può invertire il senso di rotazione della macchina d'estrazione. — Recentemente poi le disposizioni relative alle macchine d'estrazione elettriche subirono notevoli progressi, ed il reo-

stato e le batterie d'accumulatori, che costituivano i punti deboli per le installazioni di qualche importanza, sono scomparsi.

L'effetto del reostato era di variare la tensione della corrente ai morsetti della ricevitrice in modo di poterne così regolare la velocità: la regolazione quindi si otteneva assorbendo dei volt e cioè con notevole spesa. Si preferisce ora alimentare il motore della macchina d'estrazione con una generatrice speciale, alla quale si fa variare l'eccitazione in modo conveniente, oppure si inserisce sui conduttori che portano la corrente a tensione costante al motore, una dinamo ausiliaria, la cui tensione varia in più od in meno secondo la necessità.

Questa dinamo, che porta sull'asse un volano, agisce come survoltrice devoltrice, assorbendo cioè la tensione della generatrice alle fermate del motore e somministrandola agli spunti o quando occorre una maggior velocità.

Per sostituire poi le batterie di accumulatori, che rappresentavano forti spese d'installazione e di manutenzione, si ricorse a potenti volanti, accoppiati alle dinamo direttamente, le cui velocità aumentano o diminuiscono secondochè la domanda di corrente è inferiore o superiore al valore medio della somministrazione. Questi volanti assumono velocità periferiche molto grandi (anche di 100 metri al 1") e si costruiscono pertanto in un sol pezzo d'acciaio fuso. Questi grandi e veloci volanti sono una particolarità di queste installazioni.

Le applicazioni dirette della corrente alternata alle macchine d'estrazione si riscontrano nelle moderne installazioni piuttosto raramente: Tuttavia si possono citare importanti macchine, e fra queste due delle miniere di Karwin, costrutte dalla casa Siemens, per l'avviamento delle quali s'inseriscono sui circuiti dei motori dei reostati metallici: nelle installazioni d'oggi però si impiegano invece delle resistenze liquide, messe in moto da pompe per evitarne i riscaldamenti, le quali resistenze, metalliche o liquide, si diminuiscono man mano che il movimento deve accelerarsi: installazioni trifasiche di quest'ultimo tipo sono ad es. quelle delle miniere Preussen II in Vestfaglia e del Grand Hornu nel Belgio. Ma il reostato grava sempre di un grande consumo di energia le manovre; inoltre, nelle macchine d'estrazione del tipo che consideriamo, la spesa d'energia si raddoppia agli avviamenti, i quali, come è noto, per la natura stessa della macchina d'estrazione devono ripetersi con grande frequenza. Occorrono quindi delle stazioni generatrici oltremodo potenti, con grande riserva: la potenza

delle generatrici è male utilizzata. — Per l'attacco diretto del motore elettrico alla macchina d'estrazione occorrono inoltre frequenze molto basse, che in generale non si hanno disponibili

Per cui si tende oggi ad impiegare la corrente trifasica, creata nelle centrali per tutti i servizi della miniera (pompe, ventilatori, preparazione meccanica, ecc.) ed a commutarla in corrente continua per le macchine elettriche d'estrazione. Il motore d'estrazione ad eccitazione indipendente e costante, riceve la corrente continua da una generatrice speciale, la cui tensione si fa variare agendo sopra l'eccitazione. Questa disposizione è nota sotto il nome dell'inventore americano Leonard. — La generatrice a corrente continua è accoppiata ad un motore trifase, costituendo così un gruppo convertitore o *umformer*, che riceve la corrente trifase a tensione costante dalla rete generale di distribuzione alimentata dalla centrale.

Ma siccome la forza assorbita dalla macchina d'estrazione subisce delle forti variazioni da istante a istante, perchè la richiesta di energia alla rete si possa mantenere sensibilmente costante, il gruppo convertitore è munito del pesante e veloce volante cui accennammo. Quest'ultima disposizione è dovuta all'Ilgner.

L'accoppiamento delle disposizioni Leonard e Ilgner si ritrova oggi in numerose macchine d'estrazione ed il favore che esso gode è dovuto non solamente ai buoni risultati economici ottenuti, che rivaleggiano con quelli delle migliori installazioni a vapore, ma anche principalmente al fatto che così si risolse il problema di azionare le macchine d'estrazione elettriche con le centrali già esistenti nelle miniere per gli altri servizi.

Di questo tipo è la macchina elettrica d'estrazione del pozzo S. Nicola della miniera di carbone Esperance e Bonne-fortune a Montegnée (Belgio) che scegliamo come esempio.

L'installazione comporta una puleggia Koepe lateralmente alla quale vi sono due fasce, che permettono l'azione delle zeppe di un doppio freno, normalmente comandato coll'aria compressa fornita da un compressore elettrico: detto freno può però anche essere automaticamente comandato dalla caduta di un contrappeso, il quale è mantenuto sollevato per l'indiretta azione di un elettromagnete, che cessa di agire quando s'interrompe la corrente nel circuito. Calettato sull'albero della puleggia C si trova il motore d'estrazione B a corrente continua. Le spazzole sono di grafite e mantengono la loro posizione fissa sia che il motore ruoti in un senso od in senso opposto, come è richiesto per le manovre delle gabbie nel pozzo. I morsetti del motore elettrico B ricevono la

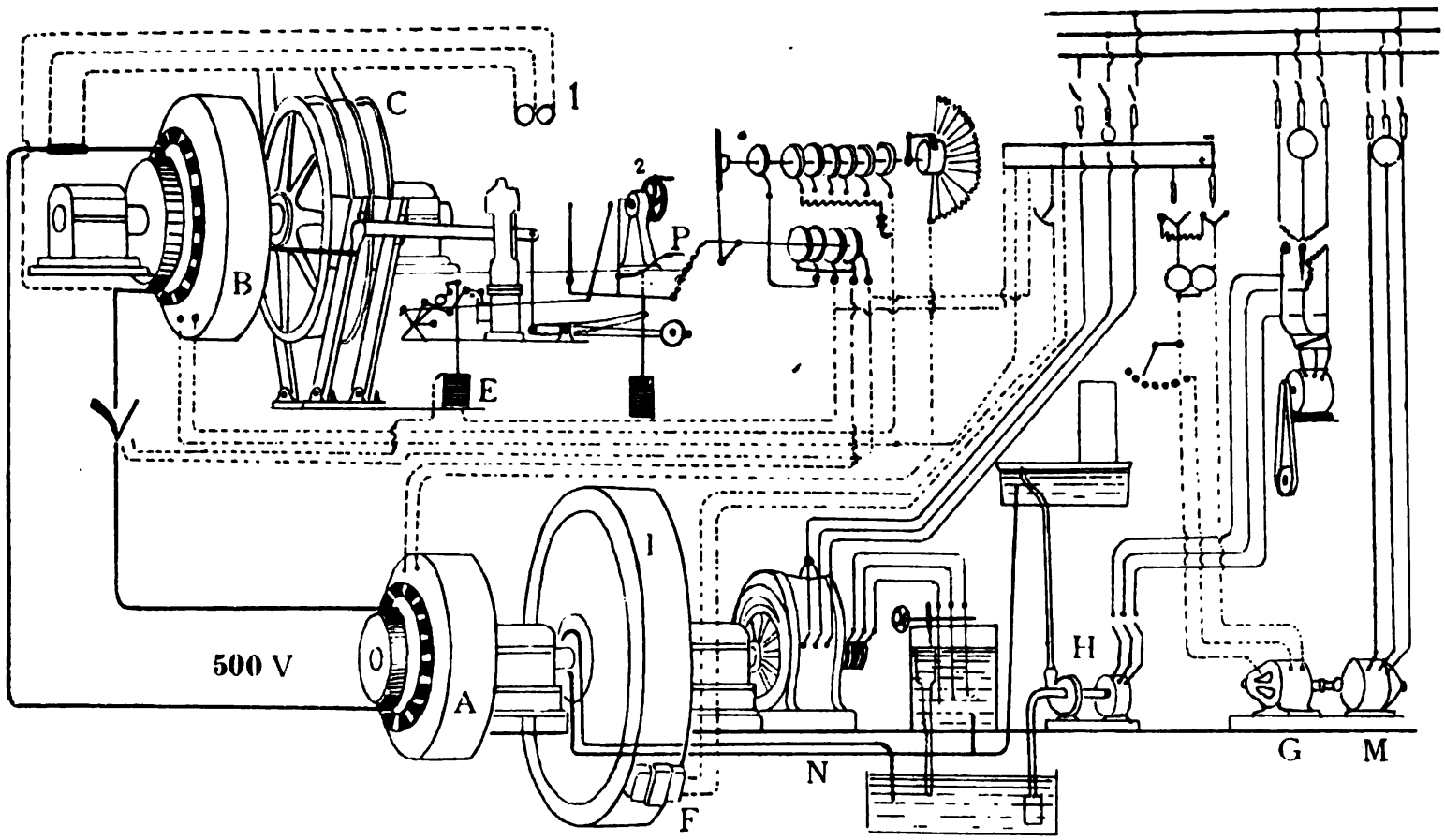


Fig. 168. — Diagramma della macchina del pozzo di S. Nicola costrutta dalla Thomson-Houston.

corrente da una potente generatrice A ad eccitazione indipendente, e sul circuito si trova un interruttore automatico a massima, un commutatore ed un reostato che, comandato dal macchinista per mezzo della leva, opera sulla corrente eccitatrice del generatore e del motore. Potendosi in tal guisa a volontà (col disporre in posizioni successive e determinate la leva di manovra) ridurre l'eccitazione del motore od interrompere quella della generatrice od invertire le correnti eccitatrici, o introdurre infine una corrente d'eccitazione più o meno forte nella generatrice, riesce facile rispettivamente arrestare il motore accoppiato alla puleggia Koepe, imprimergli il movimento nel senso voluto od aumentarne o diminuirne la velocità a piacimento.

Nell'installazione rappresentata in figura la forza è ricevuta da una centrale a corrente trifasica a 1000 volt: non si è adottato la corrente trifasica direttamente per il motore d'estrazione, principalmente perchè l'avviamento del motore asincrono avrebbe assorbito una forza più che doppia di quella disponibile sul circuito della centrale, ed inoltre perchè il consumo d'energia sarebbe stato egualmente forte anche nei periodi di tempo in cui la marcia della macchina d'estrazione era lenta. Si stabilì pertanto un gruppo convertitore NIA, che riceve la corrente dalla centrale, munito di un pesante volante d'acciaio di 40 tonn. con velocità periferica di 70 m. al 1″, perchè le variazioni di resistenza della macchina di estrazione riuscissero insensibili alla centrale e per accumulare l'energia necessaria agli avviamenti.

Il motore N assorbe 250 cav. e compie 285 giri al 1′.

Per favorire le fermate di un tale volante, si adottò un potente freno F a correnti di Focault.

In GM esiste un motore asincrono, che riceve la corrente dalla centrale, e la relativa dinamo per fornire la corrente continua eccitatrice al generatore ed al motore.

Si osserva, infine, nella figura una circolazione d'acqua, effettuata da una piccola pompa centrifuga elettrica H, destinata ad assicurare il raffreddamento dei sopporti del gruppo convertitore.

445. I risultati economici dell'esercizio delle macchine d'estrazione elettriche in queste condizioni sono pressochè eguali a quelli di buone macchine d'estrazione a vapore.

Le manovre sono però più semplici, ed avendosi la stazione generatrice della corrente, si diminuiscono le forti spese che sempre comportano i generatori di vapore, e che s'accentuano specialmente quando le acque d'alimentazione sono cattive.

L'energia nelle centrali è generata in questi ultimi casi, anzichè con macchine a vapore o turbogeneratori, con motori a gas.

Nelle installazioni delle macchine d'estrazione elettriche esistono, come in quelle a vapore, numerosi mezzi di segnalazione ottici ed acustici per il macchinista: inoltre automaticamente l'indicatore della posizione delle gabbie nel pozzo agisce sui circuiti d'eccitazione, sul freno e sui commutatori.

446. *Macchine d'estrazione idrauliche.* — Queste macchine si incontrano in Ungheria, in Svezia, ma sopratutto nel Harz, ove i bacini stabiliti alla superficie, trovano con grande caduta canali di fuga nelle importanti gallerie di scolo della regione. In questi ultimi anni tuttavia si introdussero numerose ruote Pelton accoppiate a dinamo, ed anzichè servirsi dell'acqua direttamente, si trasforma l'energia in corrente elettrica per azionare le macchine d'estrazione.

L'installazione più semplice di una macchina d'estrazione idraulica, quando si ha a disposizione una piccola caduta, consiste nell'accoppiare due ruote idrauliche, alle quali, per mezzo di due canali chiusi da paratoie, si fa arrivare alternativamente l'acqua: le ruote sono stabilite in modo da girare in senso inverso. Più semplicemente, può servire una sola ruota, munita di doppia serie di palette o di cassette. Questi apparecchi servono solo per estrazioni modeste, essendo poco veloci. Se il volume d'acqua non è notevole, ma in compenso la caduta è relativamente grande, si impiegano delle turbine, che generalmente azionano l'argano per mezzo di ingranaggi, per ridurre la velocità angolare. L'inversione del movimento è fatto per mezzo di giunti.

Per estrazioni assai modeste e non molto elevate in altezza, possono servire le bilancie ad acqua, costituite da una cassa di lamiera che quasi contrappesa la benna o la gabbia sul verricello, e che caricata convenientemente d'acqua, scendendo pel proprio peso, solleva il minerale. Naturalmente occorre che la cassa al termine della sua corsa discendente si vuoti dell'acqua che contiene, la quale trova quindi un canale di fuga. La discesa della gabbia si compie sotto l'azione dell'eccesso di peso e le manovre sono regolate mediante un freno, che impedisce ogni accelerazione dannosa. È semplice immaginare come si possa anche stabilire una bilancia nella quale la corsa della cassa ad acqua sia notevolmente minore dello spazio percorso dalla gabbia.

Le macchine a colonna d'acqua sono pure impiegate in alcune miniere: il canale di fuga può evidentemente essere al piano del-

l'orificio del pozzo o al piano del fondo, ed il motore essere installato nella parte superiore od inferiore del pozzo. Qualcuno di questi motori è a due cilindri coniugati, che ricevono l'acqua per mezzo di una distribuzione comandata da eccentrici montati sull'albero dei tamburi: Gli stantuffi sono equilibrati. Talvolta i cilindri sono in numero maggiore ed entrano successivamente in azione per modificare opportunamente la velocità della macchina d'estrazione. È di questo ultimo tipo ad es. la macchina a colonna d'acqua stabilita nel 1895 al pozzo Kaiser Wilhelm II a Claustal, che utilizza la caduta delle acque superficiali fino alla galleria di scolo Ernst-August, la quale si trova alla profondità di 360 m. e serve anche come via navigabile d'uscita dei materiali. — Tale macchina solleva il materiale dalla profondità di 830 metri a 360 metri, e cioè per 470 metri.

CAPITOLO XIV.

Trasporti all'esterno

Trasporti sulla superficie. — Abbrivatura e lizzatura dei massi - trasporti su strade con motori animati - inanimati - piani inclinati - trasportatori.

Trasporti aerei. — Va e vieni - sistemi funicolari.

Trasporti sulla superficie.

447. Abbiamo già visto al Capo VIII come si trasporti in alcuni casi il materiale che si scava dalle cave a giorno: aggiungiamo ora che nelle cave delle Apuane il marmo si trasporta in blocchi greggi colla *abbrivatura* ed in blocchi squadrati colla *abbrivatura a struscio* e colla *lizzatura*.

L'abbrivatura semplice, o alla volata, consiste nel far discendere i blocchi lungo i *ravaneti*, ossia lungo gli scarichi di materiale detritico delle cave.

L'abbrivatura a struscio si ottiene preparando una specie di strada, o canale, di legname lungo il ravaneto. L'operazione è allora compiuta per tratti, e per facilitare lo struscio del blocco squadrato, i legnami sono insaponati.

Infine la lizzatura rappresenta un metodo più perfezionato dei precedenti, e consiste nel caricare il masso squadrato sopra una slitta, la quale si fa scorrere su piani inclinati a meno di 45^0, costituiti da travi di legno ben lisciate e insaponate, che si dispongono successivamente una di seguito all'altra. Il masso e la slitta sono trattenuti lungo il percorso con robusti canapi.

In alcune cave e miniere il trasporto lungo sentieri del materiale è fatto da portatori, che si caricano di un grosso pezzo per volta, od al basto con muletti o con asini, specialmente quando

si tratta di risalire materiale da scavi non molto importanti, che si profondano nel terreno. Un trasporto di questo genere, fatto con muletti, esisteva ancora pochi anni fa in una miniera dell'Elba.

448. L'uomo si serve per portare il minerale minuto nei trasporti a spalla *di coffe* o *cesti:* con essi ad es. compie il carico e lo scarico dei minerali e del carbone dai bastimenti ed in generale tutti i trasporti brevi e malagevoli di materiale sciolto. Nei trasporti a braccia servono le *barelle* e le *carriole* ad una ruota. Le prime richiedono due operai accoppiati, e s'impiegano per piccoli trasporti, quando non vi sono strade sistemate; le seconde sono manovrate da un solo operaio sopra una strada od un sentiero.

Sia colle coffe, come colle barelle o colle carriole, il rendimento giornaliero dell'operaio è sempre piccolo e minore di una tonnellata-chilometro. L'effetto utile è assai maggiore se l'operaio lavora spingendo un vagoncino sopra rotaie. Ogni qualvolta quindi è possibile stabilire pel trasporto un binario e farvi circolare un vagoncino, la spesa del trasporto viene notevolmente diminuita.

Quando il percorso è provvisorio, lo si può sistemare con dei binarietti tipo Decauville, e cioè con rotaie tenute assieme da traverse in ferro. La pendenza d'egual resistenza è allora conveniente.

Il trasporto dei minerali lungo le strade ordinarie è fatto con carri a buoi od a cavalli; sovente ai cavalli vantaggiosamente si sostituiscono i muli, più resistenti alle fatiche. Se le strade sono malagevoli, strette, male tenute, come quelle di montagna, conviene il trasporto con carri a buoi.

Il costo di questi trasporti è assai elevato e può raggiungere L. $1 \div 1.50$ per tonn.-km. I carri a buoi trasportano su strade di montagna circa 1 tonn. con marcia assai lenta: generalmente un carro a buoi ha la potenzialità di $12 \div 15$ tonn.-km.

Sopra buone strade il trasporto con carri costa naturalmente assai meno, potendosi adoperare quadrupedi più veloci. In alcune località, al luogo dei quadrupedi, s'adoperano dei rimorchi automobili per treni di carri, e trattandosi di trasporti di massi molto pesanti, si adottarono anche delle locomotive stradali. Un trasporto di questo genere serve, ad es., per i marmi di Val d'Arni nelle Apuane.

449. Ci occuperemo ora dei trasporti che si compiono nelle miniere importanti, nelle quali generalmente il minerale giunge all'esterno caricato nei vagoncini che provengono dalle gallerie che sboccano all'esterno o dai pozzi della miniera.

Abbiamo già accennato che talvolta nelle miniere poco impor-

tanti, il sollevamento del minerale lungo il pozzo viene fatto con *benne*. Il materiale, così portato alla superficie, è poscia caricato nei veicoli che lo trasportano a destinazione. Per facilitare le manovre di scarico e di carico, le benne sono sollevate a qualche metro d'altezza sopra la strada che il materiale dovrà percorrere: il caricamento dei veicoli si compie quindi facilmente coll'aiuto della gravità.

Nelle miniere metallifere, nelle quali il traffico giornaliero dei pozzi supera 200 vagonetti, si trovano alla *ricetta d'arrivo,* due operai fissi per ricevere i vagonetti pieni dalla gabbia e per sostituirli con altri vuoti: essi mandano i vagoni pieni sul binario che dovrà condurli a destinazione, mentre da un altro binario, ricevono i vagonetti vuoti da introdurre nella gabbia e da abbassare nel sotterraneo. Lungo i binari alla superficie operano altri manovali.

Nelle sedi d'estrazione molto importanti, ove il traffico è assai più intenso ed i vagonetti si contano giornalmente a migliaia, come nelle miniere di carbone, le manovre per ricevere e sostituire i vagonetti nella gabbia devono essere brevi, perchè la gabbia rimanga inoperosa alla recetta il minor tempo possibile. Queste sedi d'estrazione sono quindi dotate di mezzi meccanici, che permettono di ricevere con rapidità un grande numero di vagoncini pieni dal pozzo e di rimandarne altrettanti vuoti nella miniera.

Noi abbiamo già visto che lungo i pozzi molto importanti circolano gabbie a diversi piani, le quali portano alla superficie, ad ogni corsa, più vagoncini: con delle opportune disposizioni, analoghe, del resto, a quelle che abbiamo già spiegato al n. 413, si provvede all'orificio del pozzo al rapido scaricamento e carico delle gabbie.

450. Nella fig. 147 è rappresentata la disposizione della recetta superiore del pozzo d'Arenberg (Miniere d'Anzin in Francia). Le gabbie che circolano nel pozzo sono a tre piani: ogni gabbia, che è munita superiormente di paracadute, scorre lungo il pozzo nelle solite guide laterali, che permettono di imprimerle una forte velocità (12 m. al 1″). La gabbia, arrivando alla recetta di giorno, dove è sorretta alla parte superiore da taquet comandati idraulicamente, presenta il pianerottolo inferiore a piano della recetta. Come si osserva in figura, i pianerottoli della gabbia offrono una inclinazione tale da assicurare lo spontaneo movimento dei vagoncini lungo la recetta.

I vagoncini del piano inferiore della gabbia, liberati dagli arresti che li trattengono, scendono quindi sul piano della recetta, mentre

altrettanti vagoncini vuoti, col gioco di altri arresti, coniugati fra loro, che con facile manovra si fanno eclissare o sporgere dal suolo, prendono il posto dei primi nella gabbia. Nella figura si osserva che i vagoncini vuoti rimpiazzarono quelli pieni nel pianerottolo inferiore della gabbia: la gabbia in seguito viene abbassata dell'altezza di un piano, in modo che il pianerottolo intermedio della gabbia si disponga in corrispondenza al piano della recetta. Automaticamente allora si liberano dagli arresti che li trattengono, i vagoncini pieni della gabbia e questi escono, mentre, eclissandosi il primo arresto della recetta di destra, si apre come in precedenza la via ai vagoncini vuoti: un secondo arresto automatico impedisce alla colonna di vagoncini vuoti di scendere tutta verso la gabbia. Si comprende così come automaticamente i vagoncini carichi di minerale escano dalla gabbia, e si dispongano sulla recetta del pozzo, mentre i vagoncini vuoti entrano nella gabbia ove restano fissati da arresti automatici.

Compiuta la sostituzione dei vagoncini nel piano intermedio, si abbassa nuovamente la gabbia per mezzo dei taquet idraulici, a disporre il pianerottolo superiore a livello della recetta.

Con queste od analoghe disposizioni, le manovre necessarie per l'arrivo ed il ricevimento dei vagonetti a giorno, riescono assai rapide e la gabbia quindi, dopo una sosta assai breve a giorno, riprende la sua corsa nel pozzo.

451. *Trasporti lungo vie orizzontali ed inclinate.* — Il minerale portato alla superficie per mezzo del pozzo o delle gallerie della miniera che sboccano a giorno, deve inviarsi alla cernita, alla preparazione meccanica, ai magazzeni, alle fonderie, alle stazioni ferroviarie od ai posti di imbarco, colla minor spesa e nel minor tempo possibile.

I sistemi di trasporto che dobbiamo ora considerare, si sviluppano quindi tutti alla superficie del suolo, e non differiscono dagli ordinari modi di trasporto in uso, che per la potenzialità, soventi assai notevole, che essi devono offrire.

I trasporti alla superficie possono compiersi con mezzi animati o meccanici. I primi si adottano quando non è molto grande la quantità di materiale da trasportare: i secondi invece sono proprii delle miniere a forte traffico, quali ad esempio quelle di carbone, oppure che coltivano a giorno, in larga scala, giacimenti di minerali assai abbondanti, come ferro, calamine, fosfati ecc. I trasporti meccanici si collegano allora direttamente colle recette della superficie, sicchè i vagoncini carichi, abbandonano le gabbie per entrare

immediatamente nell'arteria meccanica che porta il minerale a destinazione.

452. **Trasporti con motori animati.** — Il trasporto di quantità non rilevanti di materiale, si compie generalmente con motori animati: S'impiega l'uomo quando si tratta di brevi trasporti, il cavallo se i trasporti sono di qualche lunghezza. — Considereremo esclusivamente i trasporti fatti in vagoncini che scorrono su binari.

I binari alla superficie richiedono rotaie d'acciaio del peso di 4 a 12 chili al metro, arpionate sopra traversine, disposte a circa un metro di distanza una dall'altra.

453. I vagoncini che circolano all'esterno, sulle rotaie, sono generalmente quegli stessi che provengono dal sotterraneo della

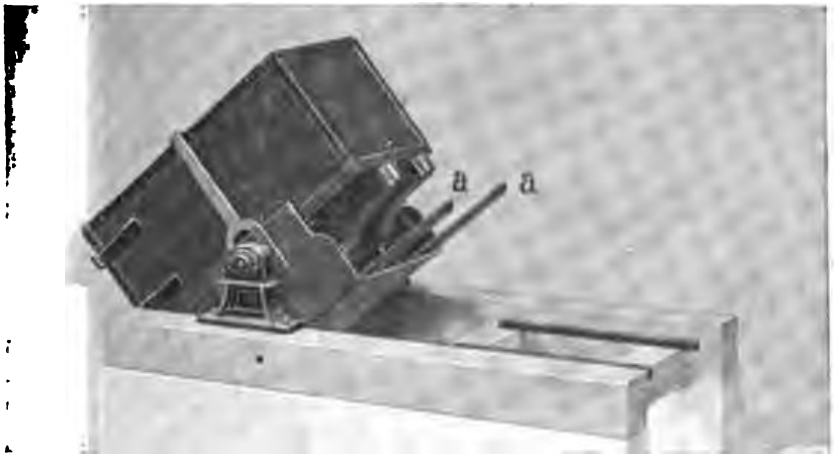


Fig. 169.

miniera: essi, in molti casi, hanno la cassa montata a cerniera sul telaio e una fiancata mobile, in modo da rendere facile lo scarico. Se invece la cassa è fissata al telaio, nei punti ove è necessario lo scarico, si installano dei rovesciatori automatici o *culbuteurs*. Nelle fig. 169 e 170 sono rappresentati due tipi di *culbuteurs*, adottati in parecchie miniere. Nella fig. 169, in corrispondenza al termine del binario, si vede una specie di ponte a bilico, montato alquanto dissimetricamente sopra due sopporti, in modo che giungendo il vagonetto, pieno di materiale, al termine della sua corsa, si trova arrestato sul ponte, e questo si inclina in avanti, sotto l'azione del peso del vagoncino, permettendone lo scarico dalla fiancata anteriore che è mobile. Quando il vagoncino è così vuotato del materiale che conteneva, il ponte riprende la sua posizione iniziale per azione

di un contrappeso, e le rotaie *a a* si dispongono in continuazione del binario.

Se i vagoncini non hanno la fiancata mobile, si adottano dei *culbuteurs* rotativi: Nella fig. 170 ne è rappresentato uno di questo secondo tipo: il vagoncino, al termine della sua corsa, si introduce alquanto eccentricamente in una specie di gabbia cilindrica, che presenta due tratti di rotaie in continuazione del binario. Due cerchioni in ferro limitano alle estremità la gabbia: quello anteriore appoggia sopra due rulli, posti inferiormente, mentre il cerchione posteriore è sostenuto al centro, per mezzo di un perno che s'infila in un sopporto fisso. All'atto che la gabbia riceve il vagoncino



Fig. 170.

pieno, trovandosi questo disposto eccentricamente per rispetto all'asse di rotazione della gabbia, il sistema ruota ed il vagone si vuota del materiale che contiene, ma alleggerendosi così la gabbia, essa riprende la posizione primitiva, per cui facile riesce il ritiro e l'estrazione del vagoncino. Un arresto a leva permette di fissare la posizione della gabbia durante le manovre. — Talvolta questi rovesciatori ricevono movimento da una cinghia di trasmissione.

454. Secondo il peso dei vagoncini e l'inclinazione della strada che essi devono percorrere, sono necessari per le manovre di ognuno uno o due manovali.

Sopra una strada con pendenza d'equilibrio, basta per ogni vagoncino un solo manovale. Questi mette in moto il vagoncino, poscia, montandovi sopra, aumenta col proprio peso la componente lungo la linea della gravità, per cui il vagoncino, messo in moto,

continua nel suo movimento. Evidentemente il trasporto riesce in questo caso più economico che sopra un binario d'egual resistenza, poichè il manovale deve provvedere solamente a rimontare il vagoncino vuoto.

Sopra strade di egual resistenza, con vagoncini di 0.5 m^3 mossi da due manovali, il costo del vagonaggio a mano varia secondo le distanze che si percorrono da L. 1.00 per tonn.-km. per tratte minori di 100 metri, a L. 0.75 per tratte di 300 ÷ 400 m. Per percorsi superiori il costo aumenta notevolmente, per raggiungere L. 2 la tonn.-km. oltre 1200 ÷ 1500 m. La potenzialità del trasporto di un vagoncino, che può essere di 25 tonn. giornaliere per tratte di 100 metri, scende a 10 tonn. per tratte di 400 ÷ 500 m.

Nei trasporti alquanto lunghi (oltre i 300 metri) e con traffico notevole, si può vantaggiosamente sostituire all'uomo il lavoro di cavalli. Occorre allora che la linea sia di egual resistenza perchè al cavallo venga richiesto uno sforzo costante e continuo nel trasporto. — Un cavallo può trascinare, sopra una strada bene armata, un treno costituito di 5 ÷ 6 ordinari vagoncini carichi di materiale pesante.

I trasporti su binari con cavalli riescono tanto più economici quanto più i percorsi sono lunghi. Il costo del trasporto, infatti, fino a 500 m. costa egualmente col cavallo o con manovali: solo la potenzialità, nel primo caso, è doppia che nel secondo per brevi tratti, più che tripla per tratte maggiori.

Se i percorsi superano 400 m. il costo della tonn.-km. risulta inferiore col trasporto per treni a cavalli che col trasporto a mano e può ridursi a L. 0.50 da 500 a 1000 m.; a L. 0.30 da 1000 a 1500 m. e, infine, a L. 0.15 e meno per distanze superiori a 2000 m. È vantaggioso in questi trasporti l'impiego di vagoncini molto capaci con sopporti a rulli.

455. **Trasporti con motori inanimati**: *Con locomotive.* — Nei trasporti di minerale alla superficie sono largamente impiegate le locomotive a vapore per trascinare treni di vagoncini: soventi per questi trasporti, quando la sede stradale lo permette, s'impiegano dei vagoni speciali: l'armamento della ferrovia e tutta l'installazione si avvicina allora ai tipi delle ordinarie strade ferrate; altrevolte invece le installazioni sono assai più semplici. Così ad es. la ferrovia a vapore che funziona all'Elba a Capo Calamita, serve solo per rimontare agli scavi aperti sull'altura i vagoncini vuoti, mentr'essi, carichi di minerale, scendono poi opportunamente frenati lungo la ferrovia fino al mare, per effetto del proprio peso.

Le ferrovie a dentiera e funicolari sono pure soventi usate nelle miniere.

In questi impianti occorre che la quantità di minerale da trasportare sia relativamente grande per ripartire su un notevole tonnellaggio le spese d'installazione, che sono sempre rilevanti.

I sistemi di trasporto con locomotive elettriche sono pure diffusi nelle miniere. Le locomotive sono sempre a *trolley* e la forza talvolta è somministrata da impianti idraulici, che si trovano a più chilometri di distanza dalla miniera: alcune installazioni di questo ultimo genere esistono ad es. nelle miniere d'Ungheria.

Alla miniera di Acquaresi in Sardegna è in esercizio una ferrovia elettrica di 5 km. per trasportare il minerale al mare.

456. *Con macchine fisse.* — Trovano poi larghe applicazioni alla superficie i sistemi di trasporto colle funi mosse da motori fissi come il *tail-rope,* la fune trainante e la catena portata, anzi, precisamente questi sistemi furono dapprima impiantati alla superficie, e poscia applicati pei trasporti lungo le gallerie delle miniere.

I sistemi che oggi godono maggior favore alla superficie sono quelli con catena portata o con fune continua.

Il sistema con catena portata è largamente applicato in alcune miniere del Belgio, d'Inghilterra, di Spagna ecc. Nella fig. 171 è rappresentato appunto un tratto di questi trasporti della miniera di Mariemont nel Belgio, dove ne esiste una rete che ha parecchi chilometri di sviluppo. La catena pesa 8 chilog. al metro corrente e si muove con la velocità di un metro al secondo.

Il sistema della catena portata offre diversi vantaggi: esso non richiede spese d'esercizio notevoli e permette di far variare fra limiti molto ampi la potenzialità dell' impianto, bastando di avvicinare o di allontanare più o meno fra loro i vagoncini trasportati dalla catena. Se il sistema è automotore, quando il materiale scende verso valle, l'eccesso di lavoro che si sviluppa nelle pendenze, serve per vincere le contropendenze. Talvolta anzi è necessario distruggere tale eccesso di lavoro per impedire che il sistema in movimento acceleri la propria velocità: Alle miniere di Sommorostro (Bilbao), ove esistono alcuni grandiosi trasporti a catena lungo piani inclinati, si usano all'uopo dei regolatori a palette che si muovono nell'acqua, messi in relazione coll'albero che porta le puleggie ad impronte per il comando delle catene. Questi apparecchi si regolano con grande facilità, secondo la velocità che si vuole dare alla catena, riempiendo più o meno la cassa d'acqua, e cioè facendo variare l'immersione delle palette.

Colla catena portata si possono stabilire delle biforcazioni ove occorrono, oppure dirigere delle diramazioni per raccogliere i prodotti provenienti da località laterali alla linea principale. I raccordi si stabiliscono con binari opportunamente pendenti, lungo i quali i vagonetti, momentaneamente abbandonati dalla catena, si



Fig. 171.

muovono per effetto della gravità e vanno ad impigliarsi sotto la catena della nuova linea.

La velocità di marcia della catena varia da uno a due metri al secondo: il suo peso è di 7 ÷ 10 chilogrammi al metro corrente: Disponendo i vagoncini a 25 metri l'uno dall'altro, la catena può trasportare da 120 a 150 vagoncini all'ora.

Talvolta s'impiega nei trasporti a giorno anzichè la catena sorretta dai vagoncini, una catena senza fine, che scorre sopra rulli fra i binari ed alla quale si fissano i vagonetti: assai più diffusi sono però dei trasporti analoghi, nei quali il movimento ai vagonetti è dato per mezzo di una fune continua d'acciaio, sopportata al solito modo da rulli posti fra i binari: alla fune si agganciano i vagonetti, spaziandoli convenientemente fra loro.

Il sistema della fune continua trainante si presta facilmente ai cambiamenti di direzione, anche se accentuati, che occorrono pei trasporti, bastando dirigere opportunamente la fune fra le rotaie con puleggie di rimando.

Le installazioni con funi d'acciaio godono oggi maggior favore delle analoghe installazioni con catena, riuscendo meno costose d'impianto e meglio adattandosi a percorsi con curve.

Le spese d'esercizio dei trasporti con fune sono maggiori di quelle con catena, consumandosi queste ultime assai meno delle prime.

457. *Piani inclinati.* — Quando i vagonetti debbono passare da un livello superiore ad un livello inferiore, o viceversa, seguendo percorsi molto pendenti, si stabiliscono dei *piani inclinati:* nel primo caso il movimento è ottenuto valendosi della gravità ed il lavoro prodotto dal materiale che discende, è utilizzato per rimontare al livello superiore i vagonetti vuoti; l'eccesso è consumato dal freno: nel secondo caso occorre un motore ed il piano si trasforma allora in una funicolare. In alcuni casi, quando al piano superiore si ha dell'acqua disponibile, si può far a meno del motore, utilizzandola per far risalire il materiale: si ha allora una *bilancia ad acqua*, nella quale il vagonetto pieno monta lungo il piano inclinato, per effetto del maggior peso di un vagonetto a cassa d'acqua, che scende e che si vuoterà a valle.

Talvolta il piano inclinato è a doppio effetto, ed i due vagonetti riposano sopra due *truck* o *carrelli a piattaforma*, che costituiscono le casse d'acqua, le quali sono alternativamente riempite a monte del piano inclinato e vuotate a valle.

Nei piani inclinati *automotori* in qualche caso si utilizzò l'eccesso di lavoro svolto dal vagonetto che discende, e che si dovrebbe assorbire col freno, per far risalire i vagonetti vuoti ad un piano superiore a quello d'arrivo dei vagonetti pieni: questi piani sono detti *bis-automotori*. In altri casi, invece, l'eccesso di lavoro del piano automotore è impiegato per ottenere dei trasporti orizzontali.

I piani inclinati non automotori richiedono generalmente un

argano ad asse orizzontale, il quale può essere mosso da vapore, elettricamente o dall'acqua: l'impiego dell'aria compressa nei motori a giorno riesce in generale troppo dispendioso. Il motore è stabilito alla testa del piano inclinato, ove aziona generalmente un tamburo d'avvolgimento delle funi: questi piccoli argani, che si chiamano talvolta col nome inglese di *winch* (manovella meccanica), sono di speciale costruzione compatta e robusta.

Le funi dei piani inclinati sono d'acciaio: esse posano sopra rulli lungo il binario. I piani inclinati, come fu già detto (vedi n. 406), possono essere a due binari distinti, oppure a tre rotaie con scambio intermedio o ad un binario solo munito di scambio a metà percorso. L'inclinazione può essere qualunque: se essa supera 25°, conviene l'impiego dei carrelli portanti per facilitare le manovre.

Le funi dei piani inclinati s'avvolgono a monte sopra due tamburi in senso inverso, o se v'ha una fune unica, essa passa sopra la gola di una o più puleggie orizzontali, disposte in modo d'abbracciare un tratto sufficiente della fune per evitare ogni scorrimento: S'impiegano talvolta nei piani molto ripidi al luogo delle puleggie multiple, delle puleggie a gole speciali (tipo Fowler) che serrano la fune e ne evitano lo scorrimento.

Sull'albero dei tamburi o sull'albero della puleggia è stabilito il freno, il quale può essere a nastro od a zeppe. Generalmente questi freni, comandati da contrappesi, rimangono aperti per l'azione dell'operaio, mentre automaticamente si chiudono se abbandonati a sè.

458. Nei piani automotori, governando opportunamente il freno, si regola la velocità dei vagoncini lungo il piano.

Talvolta nei lunghi piani inclinati si studia il profilo della strada in modo da diminuire la pendenza della linea nel tratto a valle, per assorbire parte della forza viva acquistata dai vagoncini nel movimento di discesa. Il profilo delle pendici delle montagne, lungo le quali corrono i piani inclinati, si presta soventi a questa variazione d'inclinazione, essendo la pendenza a valle generalmente assai più dolce che a monte.

In altri casi si distrugge l'accelerazione nel movimento dei vagoncini sul piano inclinato, collegando l'albero dei tamburi, per mezzo d'ingranaggi moltiplicatori (nei lunghi piani inclinati s'impiegano generalmente i tamburi), con dei regolatori a palette, che si muovono rapidamente nell'aria e che quindi assorbono un lavoro proporzionale alla velocità che le anima. Così nelle coltivazioni di

ferro di Sommorostro, in Biscaglia, dove vi sono piani inclinati assai importanti, l'impiego di tali regolatori diede ottimi risultati. Essi furono robustamente costrutti, perchè dovevano assorbire forze vive di 300 ÷ 400 cavalli per ogni piano. Evidentemente in tali condizioni l'impiego dei soli freni sarebbe stato azzardato.

A Sommorostro esistono due piani inclinati principali, di cui si riassumono i dati seguenti:

lunghezza	674 metri	355 metri
pendenza media	30 %	50 %
diametro funi d'acciaio. . .	38 mm.	—
avvolgonsi su tamburi conici	5 m. diam.	su 2 puleggie orizz.
potenzialità giornaliera . . .	2600 tonn.	2000 tonn.
num. vagoni che si attaccano ai capi della fune	12	8
peso lordo	T. 36	T. 24
peso utile minerale	T. 24	T. 16

Nell' installazione dei piani inclinati qualche volta, per riparare agli eventuali pericoli che possono nascere per la rottura delle funi, si muniscono posteriormente i vagoncini di una specie di forcella di ferro, che strisciando lungo il terreno quando il vagoncino sale, s'impiglia invece in esso se la fune si rompe e il vagoncino tende a ritornare indietro.

Questo apparecchio di sicurezza vale però solo pel vagoncino che sale: per quello che discende lungo il piano, si adatta anteriormente un'ancora ad uncino, che è normalmente tenuta sollevata dal terreno dalla fune, tesa, agganciata al vagoncino, ma che si impiglia nel terreno se la fune si allenta per rottura.

Ai pericoli dell' inopinata fuga di un vagonetto, non ancora agganciato alla fune, lungo il piano inclinato, si pone riparo con barriere, manovrate a mano od automatiche, analoghe a quelle accennate al numero 404, stabilite alla testa del piano inclinato.

Il costo d'impianto di un ordinario piano inclinato per miniera può ritenersi di 25 ÷ 30 lire al m. corr. tutto compreso. Naturalmente il costo è assai variabile da caso a caso, in dipendenza del lavoro necessario per la sistemazione del piano stradale. La potenzialità di un piano inclinato è circa di 100-150 vagoncini al giorno.

459. *Ponti caricatori e conveyors.* — Occorre talvolta sollevare il materiale ad una certa altezza sopra il suolo, specialmente per formare in terreni pianeggianti dei depositi di minerale o degli

scarichi di sterile. Costituita la prima parte dello scarico, si ha allora la possibilità di stabilire un piano inclinato motore, che permetterà il sollevamento del successivo materiale. In molti casi però questa soluzione non è possibile, e si ricorre allora ad installazioni di *ponti caricatori* o all'applicazione dei *conveyors*.

Nella fig. 172 è rappresentato un ponte caricatore che serve per ricevere e mettere in deposito del minerale portato da battelli. In *V* si vede il battello sotto scarico mediante un vagoncino *K*, che può alzarsi ed abbassarsi verticalmente sopra il battello con catene, e che può scorrere collo stesso mezzo lungo il ponte, scaricandosi automaticamente nel punto più conveniente. La lunghezza totale del percorso orizzontale nell'installazione figurata misura 125 metri. Il ponte è mobile e può spostarsi lateralmente a sè stesso: si costituiscono così i depositi *M*, *C*, *C* di minerale. La potenzialità oraria è di 40 T.

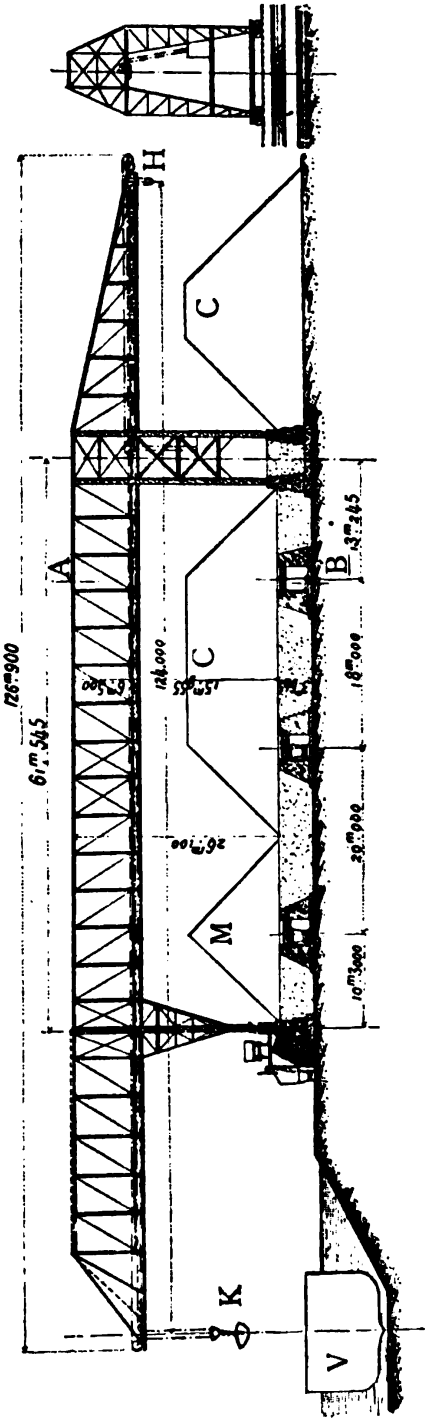


Fig. 172.

Nella figura si vede anche come si può accedere con vagoncini sotto i depositi così stabiliti, ed economicamente trasportare il minerale alla sua destinazione definitiva. Questi *ponti* sono largamente usati nei porti di mare per ricevere i minerali ed il carbone destinati, ad es., ad approvvigionare alti forni. — Rientrano nello stesso

genere di installazioni quelle che servono al carico del minerale nei bastimenti destinati al trasporto. Questa operazione talvolta è resa difficile per mancanza di buon approdo alla spiaggia: Soventi, utilizzando scogliere, si stabiliscono pontili caricatori.

Nella fig. 173 è rappresentata una bella installazione di questo genere, dovuta alla ditta Bleichert e C. di Colonia. — Come si vede dalla costa, a destra, arrivano per mezzo di un trasporto aereo (v. n. 461), dei capaci vagoncini carichi di minerale, i quali sono portati lungo il pontile a quella distanza dalla costa che permette l'ancoraggio dei vapori.

Nell'America del Nord esistono grandiose installazioni di questo genere, come pure dei piani scaricatori mobili, che prendono il minerale dalla stiva e lo trasportano lungo i *quais*, ai depositi. I si-

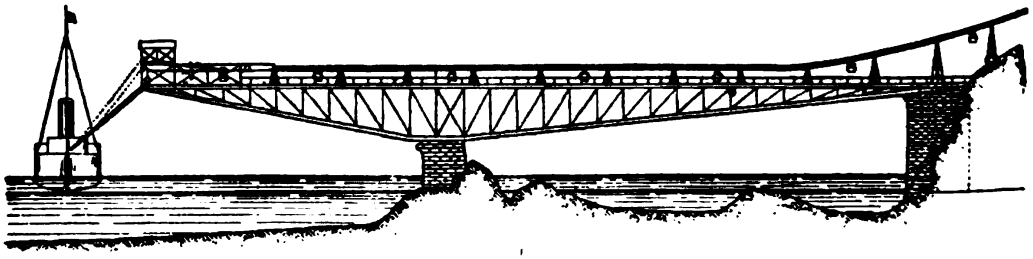


Fig. 173.

stemi più adottati sono quelli *Hunt, Brown* e *Temperly:* Queste grandiose installazioni servono per diminuire le spese di trasporto alle grandi officine americane dei minerali di ferro del lago Superiore, di Michigan e d'Erié, attraverso percorsi enormi, di centinaia e talvolta di migliaia di chilometri. Lo scarico ed il carico dei battelli e dei vagoni ferroviari, è sempre colà ottenuto con mezzi meccanici di grande potenzialità (200 ÷ 600 tonn. all'ora) e quindi assai economici. I vagoni, che circolano sulle linee adibite a quei trasporti di minerale, sono a tramoggia, e contengono 45 tonnellate di carico utile. — Il costo della tonn.-kil. in tali condizioni è ridotto a fr. 0.008. Lo scarico dei minerali e la messa in stock al lago di Erie costa fr. 0.025 la tonn.

460. I *conveyors* sono soventi adoperati per accumulare ad una certa altezza sopra il suolo gli sterili che provengono da alcuni trattamenti, specialmente quando lo spazio superficiale difetta per costituire dei depositi ordinari. Nella fig. 145, a pag. 216 è rappresentato un pontone per scavare e trattare materiali auriferi dal fondo dei laghi: Nella parte sinistra della figura è disegnata la draga,

nella parte centrale v'ha lo *sluice* e sulla sinistra si vede il *conveyor* destinato a sollevare il materiale sterile che esce dallo *sluice*, ed a metterlo in scarico. Il *conveyor* è costituito da un nastro continuo di caoutchouch, che appoggia sopra una serie di rulli, sostenuti da montanti a traliccio convenientemente amarrati sul pontone.

Questi rulli, in diversi pezzi indipendenti, sostengono il nastro in modo che questo s'adagia a canale: all'interno accoglie il materiale ed una puleggia motrice, collocata nella parte inferiore del nastro, imprime allo stesso il movimento necessario per sollevare il materiale che cade dallo *sluice*.

461. **Trasporti aerei.** — I trasporti, nei quali il veicolo che contiene il materiale si trova immediatamente sotto una guidovia aerea, tesa a qualche metro sopra il suolo, servono specialmente per convogliare da punti elevati, attraverso terreni accidentati, i minerali a valle, ove sono poi spediti con mezzi ordinari a destinazione: Talvolta invece il trasporto aereo manda direttamente il minerale agli opifici di arricchimento, o lo immette nella bocca dei forni: così parecchi forni da cemento ricevono il calcare da trasporti aerei, che partono dalla cava aperta a monte del forno.

I trasporti aerei sono specialmente adottati nelle miniere che sviluppano lavori in località accidentate e perciò sfornite di strade, perchè permettono, con una spesa d'impianto relativamente modesta, di far convergere il materiale scavato in prossimità alle arterie superficiali della miniera.

I trasporti aerei sono infatti d'installazione semplice e poco costosa: la lunghezza è generalmente di qualche centinaio di metri, ma tuttavia in alcuni casi essi assumono importanza ben maggiore, e trasportano il materiale a più chilometri di distanza.

Il trasporto aereo più semplice richiede due funi portanti tese fra i punti che si vogliono collegare: le funi sono amarrate a monte e tese da contrappesi a valle.

Sopra queste funi scorrono carrelli a due ruote, a gola, ai quali sono sospesi i recipienti col minerale. Il centro di gravità del sistema, costituito dal carrello e dal recipiente o benna, si trova notevolmente sotto il punto d'appoggio del carrello sulla fune, per cui l'equilibrio del sistema è stabile. Una funicella di trazione, che si svolge da un tamburo collocato a monte, permette di trattenere la benna lungo la discesa e di regolarne la velocità: permette, inoltre, quando la benna è giunta a valle e fu scaricata del materiale che conteneva, di farla rimontare alla parte superiore della via aerea.

Un trasporto di questo genere ha naturalmente una potenzialità assai modesta, poichè circola sulla fune una sola benna, la quale deve compiere due viaggi per ogni carico utile. — Di maggior traffico è il *va e vieni,* che richiede due funi portanti sulle quali si muovono, per effetto della gravità ed in senso inverso, due benne sospese. Queste sono fra loro collegate da un' unica fune di trazione, la quale passa su una puleggia a gola, munita di freno, che permette di regolare la velocità di discesa delle benne lungo le funi. Per effetto della gravità, la benna piena di minerale scende a valle e fa risalire a monte quella vuota.

La disposizione, come si vede, è analoga a quella dei piani inclinati posati su strada stabile. Talvolta, anzichè una sola benna, ai capi della fune si fissano dei treni di benne: In questo modo i trasporti offrono una potenzialità assai maggiore.

462. Quando il trasporto aereo deve avere una potenzialità molto grande — di decine di tonnellate all'ora invece di alcune tonnellate — si uniscono le estremità della fune di trazione fra loro, in modo da costituire una fune continua, che passa a valle sopra una puleggia di tensione; ed anzichè disporre due benne o due treni di benne, come nel caso dei piani inclinati, queste si distribuiscono ad intervalli lungo tutto il percorso. La fune di trazione, che collega fra loro tutte le benne disposte sulle funi portanti, si muoverà in un determinato senso, e sotto la sua azione le benne cariche scenderanno verso valle, dove si scaricheranno del materiale, mentre quelle così vuotate, risaliranno per l'altro ramo alla parte superiore dell'installazione.

Un tronco della fune servirà quindi per i vagonetti vuoti che si muoveranno secondo una data direzione, mentre l'altro tronco sarà percorso dai vagonetti pieni, che correranno in direzione opposta. La medesima funicella continua trascinerà con movimento uniforme le benne delle due serie.

La funicella di trazione ha una sezione relativamente piccola per rispetto al cavo che sopporta le benne: essa, come si disse, passa a monte ed a valle sopra due puleggie, e pertanto deve essere flessibile.

La puleggia a monte del trasporto è munita di freno. — La velocità dei trasporti di questo genere è circa m. 1,50 al 1".

Quando questi trasporti si sviluppano per più centinaia di metri, le due funi portanti sono sostenute ogni 50 ÷ 100 metri da incastellature o pile in legname o di ferro.

Questo sistema di trasporto si può dire con *funi portanti* e *fune continua di trazione.*

Evidentemente poi, qualora le funi portanti costituissero una fune continua che si muovesse, le benne sospese ad un ramo scenderebbero verso valle, mentre quelle dell'altro ramo si muoverebbero in senso opposto: si avrebbe allora un trasporto *con fune continua portante e di trazione* detto anche *noria aerea.*

Visti così in linea generale i vari sistemi di trasporti aerei, esaminiamone qualche dettaglio: Le funi portanti, sia nel sistema a va e vieni come nei piani aerei e negli impianti con funi portanti o con fune continua di trazione, si amarrano a monte e si tengono in tensione a valle: talvolta, ma raramente, si fa l'opposto.

Il *va e vieni* ha generalmenre piccoli percorsi: esso è soventi stabilito a grande altezza fra le valli, per far passare direttamente i prodotti dall'uno all'altro versante. Si costruiscono talvolta dei va e vieni ad una sola fune, sulla quale circolano due carrelli, foggiati però in modo che all'incontro uno passa sull'altro.

463. La lunghezza delle tratte dei va e vieni raggiunge talvolta 1000 metri senza appoggi: Si evita d'intercalare dei sostegni intermedi alle funi, perchè le benne si muovono con velocità notevoli (di 20 metri al 1") ed i sostegni possono esser causa di sviamento delle benne.

Nel sistema a due funi portanti ed a fune di trazione continua, che s'impiega per trasporti relativamente lunghi, le funi portanti sono invece generalmente mantenute a conveniente altezza dal suolo mediante sostegni intermedi di legname od a traliccio di ferro.

Nei punti d'appoggio però la fune sarebbe soggetta a maggiore usura e rapidamente si deteriorerebbe, se l'appoggio fosse rigido. Si usa pertanto sostenere la fune con delle sedi curve munite di gola, le quali generalmente sono di lunghezza maggiore dello scostamento delle due ruote del carrello, in modo che entrambe le ruote possano appoggiare sul tratto di cavo sostenuto. L'appoggio è convenientemente ingrassato per permettere lo scorrimento della fune nella sede fissa, che avviene due volte, in senso inverso, quando il carrello passa sopra il sopporto. Talvolta la sede curva, che sostiene la fune, appoggia su rulli e può spostarsi, seguendo il breve movimento della fune stessa: altrevolte invece la fune appoggia sopra un piccolo bilanciere, che ruotando sul proprio fulcro, accompagna nel movimento la fune.

Infine, per evitare completamente l'usura della fune portante in corrispondenza agli appoggi, questi sono costituiti da una o da due puleggie a gola, ma sopra esse si trova disposta una specie di

guaina d'acciaio a protezione della fune, sulla quale, in corrispondenza degli appoggi, scorrono i carrelli. Se il trasporto è molto ungo, le funi portanti possono dividersi in diversi tronchi, ognuno dei quali è amarrato ad un estremo e teso all'altro: la sostituzione delle funi avviene in corrispondenza dei sostegni: l'uno dei cavi entra per un certo tratto sotto la guaina d'acciaio, passa sulla puleggia e va a quella di tensione, mentre il nuovo cavo, amarrato nel terreno, passa sopra analoga puleggia, sotto la solita guaina, ed esce all'estremo di questa per continuare come fune portante.

Nel sistema Brunot-Heuschen, ad es., i cavi portanti sono frazionati ai sostegni, ed ognuno ha sezione proporzionale alla propria lunghezza, e cioè, al numero di benne che sopporta.

Infine, nei trasporti a fune portante e trainante, conosciuti col nome di Hodgson o di norie aeree, si ha una sola fune continua, i cui rami sono sostenuti ogni 150 ÷ 200 metri da una coppia di puleggie di 0,60 ÷ 0,70 di diametro, disposte simmetricamente, in falso, sopra il castello di sostegno; nulla impedisce che servendosi degli stessi supporti, si possano stabilire due o tre trasporti paralleli di questo genere, quando la quantità di materiale da trasportare è notevole.

Ogni pila di sostegno porta allora due o tre coppie di puleggie folli e sopra ogni puleggia appoggia quindi una delle funi.

Siccome però l'appoggio offerto alle funi da semplici puleggie è relativamente breve, in alcuni trasporti ogni fune passa, nei punti d'appoggio, sopra quattro puleggie, due a due montate su bilancieri, in guisa che quando la benna si avvicina al sopporto, il peso viene ripartito sui diversi punti di appoggio, dotati di grande mobilità, che seguono quindi i movimenti della fune: Con questa disposizione, mentre si riduce l'usura del cavo, si possono maggiormente allontanare fra loro le incastellature di sostegno.

464. Nei va e vieni la lunghezza delle funi raramente sorpassa 500 ÷ 800 metri: la velocità di movimento delle benne è di 20 ÷ 25 metri al 1″.

Un trasporto di tale natura, con benne della capacità di 250 chilogrammi, ha quindi la potenzialità di 7-9 tonnellate di materiale trasportato all'ora. Quando vi sono diversi trasporti successivi essi si tengono di egual lunghezza.

La pendenza minima necessaria perchè un va e vieni sia automotore si ritiene di 12°. Quando la pendenza si avvicina a questo limite, si equilibra la fune di comando, facendola continua, mentre si aumenta il peso dei vagoncini, i quali possono avere anche la capacità di 7 ÷ 8 ettolitri.

Le funi portanti si dispongono in un va-e-vieni senza appoggi intermedi come catenarie, che praticamente si confondono in archi di parabola. Fissata la freccia della curva al $4 \div 5\,\%$ della corda, riesce possibile descrivere graficamente con un filo flessibile — lungo quanto lo sviluppo della parabola e fissato nei punti corrispondenti sul disegno agli estremi del trasporto — la curva che, nell'ipotesi più sfavorevole, della deformazione, cioè, completa della fune portante, sarà percorsa dal carico. Riuscirà allora facile, noto il profilo altimetrico del terreno, verificare se il carico si muove in ogni punto a distanza conveniente dal suolo.

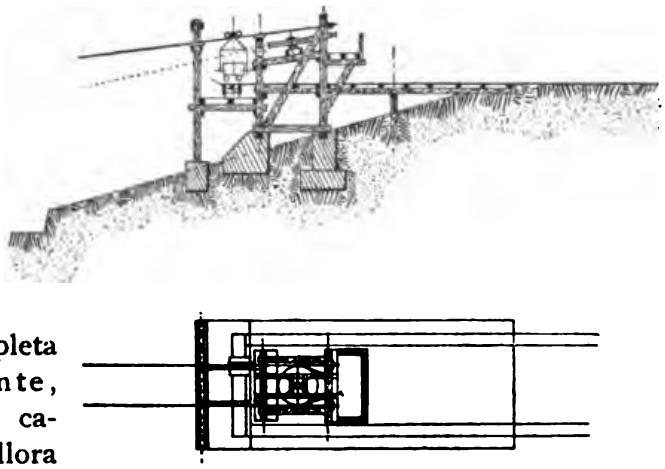


Fig. 174.

Nella figura 174 diamo un esempio di stazione di testa di uno dei soliti va-e-vieni, costrutto dalla ditta Bleichert. Nella figura si vede il piano d'arrivo dei vagoncini della miniera, che in questo caso sono direttamente agganciati alla doppia forcella sostenuta dal carrello, che scorre sulla fune portante amarrata alla robusta incavallatura di legname. La fune di tiro passa sopra una puleggia frenabile ad asse quasi verticale, e può facilmente essere resa solidale alla doppia forcella che sopporta il vagoncino.

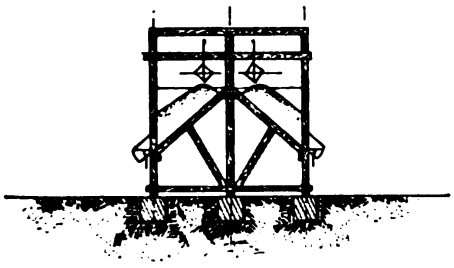


Fig. 175.

Il vagoncino è sospeso in bilico, in modo che può rotare attorno ad un asse orizzontale e vuotarsi del materiale che contiene al suo arrivo alla stazione inferiore. Nella fig. 176 è rappresentata una di queste stazioni, dove si vedono i contrappesi che tendono rispettivamente, le funi portanti e la puleggia inferiore della fune di tiro che è continua. Quando i vagoncini giungono al termine

della discesa, automaticamente si scaricano nelle tramoggie sottostanti (fig. 175).

465. Nei lunghi trasporti con fune di trazione continua i sopporti si stabiliscono in dipendenza dell'andamento del suolo, per cui le campate hanno lunghezze ineguali. Le benne si collocano ogni 30 ÷ 50 metri di distanza l'una dall'altra, e muovendosi con la velocità di metri 1,50 circa al 1", la potenzialità del piano può raggiungere 80 ÷ 100 tonn. per ora. Infine nel sistema Hodgson, con cavi portanti e di trazione, la velocità non sorpassa generalmente un metro, e siccome le benne sono piuttosto piccole (100 ÷ 150 chili), la potenzialità è circa la metà della precedente.

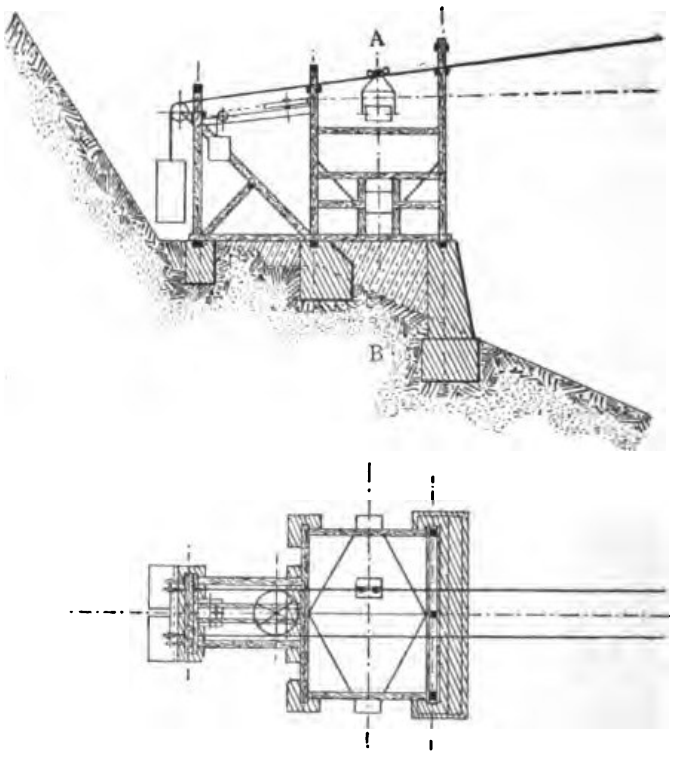


Fig. 176.

Nei primi sistemi dianzi detti, e cioè, nei va e vieni e nei trasporti funicolari dove si muove una serie di vagoncini, trascinati da una funicella, le funi portanti non richiedono flessibilità alcuna, poichè funzionano come rotaie: sono quindi d'acciaio per essere leggere, e per ben resistere all'usura soventi sono costruite con ferri grossi o profilati.

Nel sistema Hodgson, invece, il cavo deve presentare una certa flessibilità unita ad una grande resistenza: si adoprano quindi funi d'acciaio, ma con eliche a passo relativamente piccolo e con fili elementari di non grande sezione.

Nel caso di trasporti a doppia via con fune di traino continua, il ramo portante, destinato alla benne vuote, è costituito da

una fune di diametro minore di quella del ramo percorso dalle benne piene: abbiamo già visto come nel sistema Brunot Heuschen la grossezza delle funi è funzione della lunghezza dei diversi tronchi. È poi conveniente adoprare funi leggere non soltanto per la minor spesa di acquisto, ma perchè le funi leggere si possono, più facilmente di quelle pesanti, portare a pie' d'opera nei paesi montuosi e perchè anche sono più facili a mettersi in opera sopra i sostegni, ecc.

466. Le funi fra i punti d'appoggio disegneranno delle catenarie, che praticamente si potranno confondere con degli archi di parabola; la tensione della fune crescerà evidentemente col diminuire della freccia della parabola che descrive.

Il calcolo delle funi dei teleferaggi è arduo, ove si voglia condurlo con rigore. — Nella pratica si ritiene il peso totale (proprio e accidentale) della fune uniformemente ripartito rispetto alla orizzontale: Su queste basi sono fondate le formule riportate dal manuale del Colombo pel calcolo del cavo portante.

Per calcolare lo sforzo di tensione t che subisce la fune all'attacco superiore, detto P il peso proprio della fune e del materiale che lungo essa è distribuito, f la freccia verticale, misurata fra la metà della corda e l'arco inferiore della parabola, detto h il dislivello fra gli appoggi e d la distanza orizzontale fra essi, può valere la formula seguente:

$$t = \frac{P}{8f}\sqrt{d^2 + (h + 4f)^2}$$

Se trattasi di un va-e-vieni, la tensione, in via d'approssimazione, può calcolarsi colla stessa formula precedente, nella quale f sarà la freccia della fune scarica e P il peso della stessa e della benna mobile. La tensione così ottenuta è aumentata di $^1/_4$ o di $^1/_5$ del proprio valore per sicurezza.

Le ditte costruttrici di telefori calcolano soventi la resistenza della fune colla formula seguente: detto c il coefficiente di sicurezza eguale a $4 \div 5$, p il peso del cavo per m. corr., Q il peso del vagonetto col materiale e R la resistenza totale alla rottura del cavo in Kg.:

$$R = \frac{d\,c}{4f}(^1/_2\, d\,p + Q)$$

Supponendo ad es. un cavo con la resistenza di 9000 Kil. per cq. si può ritenere:

$$p = \frac{0.86}{9000} R$$

per cui:

$$R = \frac{Q}{\frac{4f}{d \cdot c} - \frac{d - 0.86}{2 \cdot 9000}}$$

La fune di trazione di questi sistemi funicolari deve essere molto flessibile. Essa è calcolata nel caso di un semplice va-e-vieni, in base allo sforzo massimo che sopporta nella parte a monte del trasporto, che è rappresentato della tensione necessaria alla fune perchè assuma la solita freccia, sommata alla componente tangenziale del carico transitante, considerato quando esso si trova nel punto più elevato del trasporto. Tale componente è determinabile in via approssimata, noto il peso della benna caricata e l'angolo che il tratto superiore della corda portante, che si mantiene parallela a quella di trazione, forma coll'orizzonte. Inoltre va tenuto conto dell'attrito nel moto del carrello e di quello dei perni della puleggia di rinvio.

Nel caso di un lungo trasporto con fune di trazione continua, il peso della fune di trazione è sopportato dalla corda portante, e quindi sulla fune di comando non agiscono che le componenti tangenziali dei carichi mobili.

A queste tensioni si dovranno addizionare le resistenze passive, che sono rappresentate dalla differenza di tensione dei due rami di fune che partono dalla puleggia, quando questa è motrice.

Per le questioni relative al teleferaggio, si potrà consultare con profitto il volume di P. STEPHAN, *Die Luftseilbahnen*, Berlino, che tratta, in modo esauriente, la parte costruttiva e quella teorica.

Le funi portanti dei va-e-vieni hanno 25 ÷ 30 millimetri di diametro: quelle di trazione 10 ÷ 15 millimetri. Soventi le funi portanti si calcolano con coefficienti di sicurezza di $^1/_7$, ed a quelle di trazione, la cui rottura costituirebbe in ogni caso un accidente assai meno grave della rottura di una fune portante, si applica per coefficiente $^1/_3$.

467. Il materiale che si deve trasportare, è accolto entro *benne* sospese, la cui capacità è generalmente compresa fra 5 ed 8 ettolitri. Queste benne sono di lamiera d'acciaio: in qualche caso,

nei va-e-vieni, al luogo delle benne s'impiegano le stesse casse dei vagonetti della miniera, che in tal caso portano dei perni o delle orecchie per poterle sostenere con staffoni in ferro ai carrelli. Le benne ordinarie pesano col minerale generalmente da 300 ÷ 800 chili ognuna.

La benna è collegata mediante una staffa arcuata ad un carrello superiore, che appoggia sulla fune portante. Se questa è fissa, il carrello scorre su essa per mezzo di due ruote a gola: ed è guidato, colla benna, nel movimento dalla fune di trazione: perciò circa a metà della sospensione dalla benna alla fune, si trova l'organo di collegamento, a frizione od a tanaglia, della benna colla fune di trazione. Il sistema a frizione serve solamente pei trasporti poco inclinati: la fune conduttrice è presa e serrata fra le guancie di un morsetto per tutta la durata del percorso, che automaticamente poi si allenta all'arrivo della benna, pel gioco di una leva che viene ad urtare in un arresto fisso. — Soventi invece durante il movimento, la benna col proprio peso mantiene il morsetto chiuso: essa allora, ove occorre liberarla dalla fune, viene sollevata, scorrendo sopra opportune rotaie fisse.

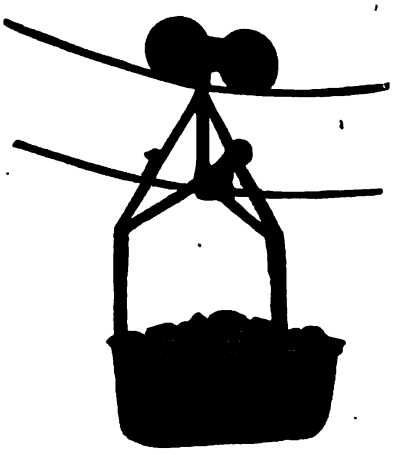


Fig. 177.

Lo scarico dei vagoncini o benne si ottiene automaticamente, essendo questi sostenuti da perni alle staffe in modo da poter rotare attorno all'asse passante pei perni stessi, quando giungono a destino.

468. I sistemi d'attacco delle benne alla fune di comando per frizione hanno l'inconveniente di consumare le funi. Si preferisce talvolta, quando il trasporto si effettua sopra linee a pendenza notevole, servirsi di funi di trazione munite a regolari intervalli di nodi, o meglio di manicotti d'acciaio, fissati alla fune: le benne portano allora una tanaglia con una mascella mobile, tenuta normalmente contro quella fissa da una molla o da una leva, ma che può anche solidamente essere chiusa contro quest'ultima. Quando le mascelle non sono fissate una contro l'altra, la fune di trazione passa, malgrado i nodi od i manicotti, attraverso la tanaglia, mentre se le mascelle vengono chiuse, la benna rimane fissata alla fune e la segue nel suo movimento. Con disposizioni semplici e automa-

tiche la benna viene fissata alla fune, come pure automaticamente viene liberata da essa al termine della corsa.

Nei trasporti col sistema Hodgson non esiste alcun organo speciale per fissare la benna alla fune, nè esiste alcun carrello per sostegno della benna, ma questa appoggia sulla fune continua per l'intermediario di una sospensione a collo di cigno e di un cuscinetto speciale, che abbraccia la fune in modo da assicurare l'aderenza necessaria al trasporto. I cuscinetti soventi sono rivestiti di gomma elastica.

Tuttavia questi cuscinetti mostrano lateralmente due ruote a gola, che servono al termine della corsa a guidare le benne sopra una rotaia aerea, la quale, sollevando la benna dalla fune, la libera da essa.

Queste rotaie guida servono non solamente nel sistema Hodgson, ma anche negli altri sistemi funicolari per ricevere al termine delle corse le benne dalle funi e rimetterle, dopo le necessarie manovre di scarico o carico del materiale, sulle funi stesse.

469. Il sistema con funi portanti e fune di trazione continua serve per trasporti importanti, sia per la quantità di materiale da muovere come per le distanze da vincere. Quando la linea oltrepassa 10° di pendenza, il sistema è generalmente automotore: raramente si oltrepassano le pendenze di 30°. Il costo d'installazione varia da 15 a 30 mila lire al chilometro ed anche più. Esistono parecchi trasporti di questo genere, specialmente fatti dalla ditta Bleichert, lunghi $15 \div 20$ e più chilometri, che trasportano giornalmente $400 \div 600$ tonnellate di minerale.

Il sistema Hodgson costa talvolta meno d'impianto del precedente, però ha una potenzialità generalmente minore, perchè si adoprano delle benne meno capaci: così nei trasporti di Bilbao le benne contengono solo 170 chili circa di minerale ed i trasporti di circa un chilometro di lunghezza danno giornalmente circa 250 tonnellate di minerale. La pendenza delle linee nel sistema Hodgson deve essere minore del $25 \div 30\,\%$ per assicurare l'aderenza. Siccome i sostegni intermedi sono con questo sistema più complicati che col precedente, e siccome anche è con esso maggiore la resistenza passiva ed assai forte il consumo delle funi, malgrado la minore semplicità, si preferiscono oggi i sistemi con doppia fune, portante e di trazione.

470. Noi abbiamo fino ad ora considerato i trasporti automotori, con discesa quindi del materiale da monte verso valle. Nulla impedisce però che i trasporti funicolari possano sollevare il mate-

riale da valle verso monte, se si installano delle puleggie motrici per dare movimento alle funi di trazione.

Così in Transilvania esistono due trasporti per fune aerea che collegano la miniera di ferro di Gialar e le foreste di Vadu Dobri, colle officine di Vajda Hunyad. Questi trasporti sono divisi in varie sezioni, e vi sono quattro macchine motrici, ognuna delle quali comanda due sezioni. È poi evidente che si può utilizzare l'eccesso di forza motrice di un trasporto automotore per azionarne un altro in salita, ecc.

I trasporti funicolari non esigono che le linee si sviluppino in un unico piano verticale; esse possono formare delle spezzate: negli angoli le funi portanti sono raccordate fra loro mediante binari aerei, opportunamente curvati. La fune di trazione, quando esiste, segue con opportune puleggie di guida quella portante.

Il costo dei trasporti funicolari automotori è basso e compreso fra L. 0.30 e 0.70: Alle miniere di Bilbao la tonnellata chilometrica costa circa 0.75. — A Costa Yels, nel Bergamasco, esiste un trasporto Bleichert di 2 chilometri, capace di 50 tonn. al giorno.

Alcuni trasporti, attivamente sfruttati, accusano una spesa di L. 0,20 la tonn. chil. — La spesa maggiore è sempre data dal consumo delle funi, le quali durano in media due anni.

Alla miniera della Manina esiste un trasporto aereo Ceretti Tanfani di 2700 metri di sviluppo con un dislivello di 500 m. Le funi portanti hanno 24 e 18 millim. di diametro rispettivamente e sopra esse circolano 20 vagoncini, trainati da una fune di 14 mill. di diametro, con una velocità di m. 2 al 1″. — I vagoncini contengono ciascuno 200 Kg. di minerale: il costo del trasporto è di L. 0.30 per tonn. chil. — L'impianto costò L. 40.000 di sola parte meccanica.

471. Si stabiliscono talvolta dei trasporti aerei mossi elettricamente, nei quali; cioè, i vagoncini sono automotori, perchè muniti di motorino elettrico che prende la corrente dalla fune portante o da condutture disposte sopra la guidovia. Questi sistemi sono adottati per linee che corrono con piccola inclinazione. Il *teleferaggio* elettrico prese oggi importanza in parecchie miniere.

CAPITOLO XV.

Eduzione delle acque

Generalità. — Gallerie di scolo - sifoni.
Eduzione meccanica. — Pompe ad aste - Pompe sotterranee a vapore ed elettriche.

Generalità.

472. L'eduzione delle acque costituisce un capitolo molto importante della coltivazione delle miniere.

In passato, quando la meccanica non aveva ancora dato all'arte mineraria l'aiuto potente che valse a portarla alla presente altezza, più volte si dovettero abbandonare ricchi giacimenti, perchè le difficoltà che s'incontravano nell' eduzione delle acque, riuscivano insormontabili coi mezzi allora disponibili: Tali giacimenti furono poi vantaggiosamente ripresi, in epoche recenti, con opportune installazioni d'esaurimento d'acque.

L'acqua si raccoglie negli scavi minerari per infiltrazione e stillicidio dai terreni soprastanti e per sorgenti sotterranee.

Nel primo caso molte volte accade che le acque sono raccolte e convogliate negli scavi, dallo stesso giacimento minerario. È chiaro, infatti, che se ad es. un filone taglia tutta una serie di formazioni, altera il regime delle acque sotterranee, perchè rompe quella continuità degli strati impermeabili, che valeva a dividere il sistema stratigrafico in livelli acquiferi distinti; oppure il filone, colle sue salbande argillose, costituisce un piano impermeabile, che taglia le formazioni sotto un cert'angolo, deviandone le acque; oppure anche costituisce, colla sua massa permeabile, un vero drenaggio, che interessa gli strati acquiferi adiacenti. Il filone quindi produce colla sua presenza una circolazione d'acqua lungo il suo piano o lateralmente ad esso: Le acque trovansi in equilibrio prima che

si intraprendano lavori nel filone, ma dopo che i lavori sono stati praticati, il primitivo equilibrio idrostatico in generale più non sussiste, e le acque affluiscono nelle gallerie e negli scavi sotterranei: Accade allora che le sorgenti superficiali si disseccano ed i rivi diminuiscono di portata, indizi questi evidenti che le acque superficiali trovarono altre vie di sfogo ed attraverso le formazioni penetrarono in miniera. — L'influenza che possono avere gli scavi sotterranei nei filoni, per quanto riguarda il regime sotterraneo e superficiale delle acque, non è facile prevedere: Sovente però detta azione è circoscritta in una zona limitata da una superficie conica ad asse verticale, avente il vertice nello scavo, mentre l'inclinazione della generatrice è funzione della permeabilità del terreno, ossia dalla resistenza che esso offre ad essere attraversato dall'acqua.

473. L'azione drenante di una galleria che corre lungo un filone, si fa soventi sentire alla superficie a più centinaia di metri oltre la verticale dell'estremo della galleria, disseccando le sorgenti superficiali: Più la galleria è profonda, e più estesa è l'azione che essa manifesta sul regime idrografico della zona che corre lungo gli affioramenti del filone, o che è in diretta relazione con essa.

Considerazioni analoghe si possono ripetere per i contatti delle formazioni sedimentarie colle roccie ignee, per la relativa impermeabilità di queste ultime, per cui soventi i giacimenti di contatto od i semplici contatti di roccie diverse, sono ricchi di acque. I giacimenti minerari interstratificati costituiscono pure talvolta dei piani di particolare permeabilità, che influenzano notevolmente il regime sotterraneo delle acque. Così pure gli scavi minerari, se determinano delle fratture, dislocazioni e movimenti nel terreno, possono sconvolgere il regime sotterraneo delle acque e causarne l'afflusso nella miniera, poichè fu distrutta la continuità degli strati impermeabili protettori, che prima esisteva. Già si ebbe occasione di accennare che talvolta si subordina la scelta del sistema di coltivazione del giacimento, alla necessità di non dislocare le formazioni superiori, che appunto proteggono dalle acque la miniera.

Influiscono sulla quantità delle acque che raccolgono i lavori sotterranei, la natura delle roccie attraversate dagli scavi e le relazioni che esistono fra la orografia e la tectonica della regione: I calcari, i grès, i conglomerati, le roccie fessurate e permeabili, convogliano facilmente le acque, mentre gli schisti, le argille, ecc. le arrestano nel loro percorso. Alcune miniere di Sardegna pos-

sono sviluppare in vicinanza della costa marina lavori nel calcare a profondità notevoli sotto il livello del mare, in grazia all'esistenza di una lingua di schisto che separa dal mare il calcare. Nelle miniere di carbone della costa del Cumberland, che si protendono per oltre due chilometri sotto il mare d' Irlanda, si sente talvolta attraverso il banco di schisto di protezione, il rumore dei ciottoli mossi dall'onda marina. Nel bacino carbonifero del Nord della Francia ed in quello di Liegi, i banchi d'argilla, che sono a tetto della formazione carbonifera, proteggono le coltivazioni dalle acque abbondantissime dei terreni di ricoprimento, che obbligano, come già abbiamo visto, a costosi rivestimenti stagni, i pozzi che li attraversano.

474. Quando sopra il giacimento di minerale esistono potenti banchi di sabbie, di grès o di altre roccie porose, le venute d'acqua nei lavori minerari sono soventi abbondanti; siccome poi tali formazioni permeabili costituiscono degli ampi serbatoi, l'efflusso delle acque in miniera riesce generalmente costante, e cioè indipendente dalle stagioni. Non così invece accade pei filoni, poichè soventi essi direttamente convogliano in miniera molte acque superficiali, e quindi l'influenza dei periodi di pioggie riesce assai sensibile sulla quantità d'acqua raccolta in miniera: in inverno, infatti, le quantità d'acqua che raccolgono le coltivazioni filoniane, specialmente se si sviluppano, o si svilupparono, in prossimità degli affioramenti, è generalmente grande, ed assai maggiore che in estate. Le venute d'acqua nel sotterraneo, se trovasi a qualche profondità, sono nettamente in ritardo sulle cadute d'acqua superficiali.

Nella coltivazione dei complessi stratificati soventi si verifica che le venute d'acqua non aumentano colla profondità degli scavi, e cioè gli strati più profondi che si coltivano, non sempre raccolgono più acqua di quelli meno profondi, anzi talvolta avviene che le coltivazioni profonde sono meno ricche d'acqua di quelle superficiali: ciò evidentemente dipende dal fatto che gli strati profondi sono meno sensibili agli effetti della circolazione superficiale delle acque, e che inoltre nel complesso stratigrafico esistono in profondità strati impermeabili, che proteggono gli scavi inferiori.

Accade molte volte, infine, che cogli scavi nelle miniere si tagliano delle vene sotterranee d'acqua, le quali affluiscono nei lavori, dando luogo a vere sorgenti; qualche volta, nei filoni, queste sorgenti sono termali.

Talvolta invece, gli scavi delle miniere producono delle dislocazioni nei terreni superiori che mettono in comunicazione i lavori

minerari con dei serbatoi d'acqua, che si vuotano completamente o parzialmente nella miniera. Ciò è accaduto per es. nel Mansfeld, dove per dislocazioni del suolo, le acque di un lago superficiale penetrarono nella miniera, allagandola. Le pompe d'esauro che furono installate nella miniera, prosciugarono anche il lago che aveva determinato l'inondazione. Così anche accadde che nella miniera carbonifera di Anzin, in Francia, i lavori incontrarono un lago sotterraneo salato, che fu causa di gravi difficoltà nelle coltivazioni.

Sulla quantità d'acqua che raccolgono le miniere, nulla si può dire neppure di approssimato: Molte miniere sono prive d'acqua, e cioè asciutte, altre invece ne raccolgono delle quantità imponenti. Nelle miniere di carbone normalmente si estraggono quantità di acqua variabili da 500 a 5000 litri al minuto: talvolta esse salgono a $10 \div 12$ mila litri al 1'. In alcune miniere metallifere profonde, le venute d'acqua sono ancor più importanti, e cioè di $30 \div 40$ m³ al 1'.

475. Le acque delle miniere, e specialmente di quelle metallifere, sono generalmente assai impure pei solfati che contengono, nati dalla decomposizione dei solfuri: sono soventi acque acide, corrosive, che stillando dalla corona delle gallerie, tagliano le rotaie e che nelle pompe intaccano le valvole se non sono di bronzo.

In alcune regioni le acque delle miniere sono salate, come nella Wesfaglia. Quando le acque sono molto impure, riesce difficile utilizzarle nelle caldaie, malgrado le depurazioni a caldo. Viceversa, le acque vitrioliche favoriscono la conservazione dei legnami che sono impiegati nelle armature delle gallerie: accade soventi, infatti, di ritornare in gallerie annegate da $30 \div 40$ anni e trovare i legnami delle armature perfettamente conservati.

476. L'eduzione delle acque dalle miniere, dovendosi ottenere — ove non esistono gallerie di scolo — con mezzi meccanici, è sempre onerosa. Nei casi ordinari quindi si provvede, ogni qual volta è possibile, a limitare la quantità di acqua che accoglie la miniera, facendo alla superficie del suolo i lavori necessari per impedire che le acque superficiali possano infiltrarsi negli scavi minerari. Questi lavori consistono nella sistemazione alla superficie del suolo di opportune cunette, nella deviazione di rivi o torrenti, nella creazione di letti impermeabili, nell'accurata chiusura delle fenditure del suolo con argilla o cemento, ecc.

Ottimi risultati diedero, ad es., questi rivestimenti a Bleiberg nel Morisnet (Belgio), dove si resero impermeabili per oltre 18 chilometri i letti dei corsi d'acqua della regione, diminuendo così notevolmente la quantità d'acqua che si infiltrava nella miniera e che si doveva sollevare con pompe.

Per giudicare della provenienza superficiale delle acque che raccolgono le miniere, si può ricorrere a sostanze coloranti molto potenti.

477. Le gallerie che apportano grandi quantità di acque, quando più non servono alla coltivazione della miniera, si chiudono all'imbocco per evitare l'oneroso sollevamento dell'acqua alla superficie.

Queste chiusure, o barriere, se le venute d'acqua sono importanti, riescono difficili a stabilirsi: esse devono sempre costruirsi con molta cura, poichè sopportano pressioni assai rilevanti, talvolta di 200 ÷ 300 metri d'acqua. Quando accade che da alcuni quartieri della miniera possono provenire quantità importanti d'acqua, che finirebbero per inondare la miniera se non si provvedesse a chiudere tutte le gallerie che danno accesso al quartiere, si preparano attraverso le stesse gallerie delle robuste barriere in muratura, a costituire altrettante sedi di porte metalliche, le quali si collocano rapidamente a posto quando il pericolo lo richiede.

Nelle miniere di carbone delle Bocche del Rodano in Francia furono così isolati dalle acque alcuni quartieri, con una triplice serie di chiusure.

Soventi invece le barriere sono destinate a chiudere definitivamente le gallerie: esse allora sono interamente costrutte di muratura o di legname. Si stabiliscono possibilmente ove la roccia si presenta nelle pareti solide e senza fessure. Queste barriere sono costrutte ad arco, appoggiandone le spalle alla roccia della galleria che fu intagliata senza esplosivi, per non fessurarla, a presentare una opportuna sede. Naturalmente la curva della barriera e le spalle d'appoggio sono disposte in modo di offrire la maggior resistenza possibile alla pressione delle acque. Quando la pressione è molto rilevante, la barriera si costituisce con conci di pietra o di cemento, oppure con pezzi preparati di legname: in questo caso la chiusura prende forma di una calotta sferica. Se la roccia della galleria presenta poca solidità, si radica la barriera per una certa lunghezza nelle pareti della galleria con opportune riseghe, che si addentrano nella roccia. A Marles (Francia) fu ad es. così costituita una barriera di 9 metri di lunghezza.

Nella barriera si lascia un'apertura conica, che è poi chiusa da un tappo di legno, dalla quale può affluire tutta l'aria che rimane racchiusa nella galleria, perchè, imprigionata dietro la barriera, potrebbe provocarne la rottura. La costruzione di queste barriere di tenuta delle acque è soventi un'operazione difficile: Nelle miniere

di Engis (Francia), per salvare un pozzo minacciato dalle acque, si dovettero successivamente costruire 14 barriere, l'ultima delle quali resistette finalmente alla spinta dell'acqua.

Le chiusure dei pozzi, fatte allo stesso scopo, si compiono egualmente con volte di muratura, che sopportano delle colate di cemento: qualche volta si impiegarono, per costruire dette volte, degli elementi di ghisa.

Speciali difficoltà presentarono alcune barriere stabilite nelle miniere di sale, per la solubilità propria delle roccie contro le quali appoggiavano: Si riuscì però a renderle stagne, intercalando nelle chiusure dei potenti diaframmi d'argilla, e procurando che le acque, prima di giungere alla barriera, fossero sature di sale, in modo da annullare così il loro potere solvente.

Per proteggere i lavori dalle infiltrazioni d'acqua, soventi si lasciano in posto nelle miniere dei massicci di minerale. Quando trattasi di strati naturalmente protetti da formazioni impermeabili superiori, e che furono esplorati con sondaggi, si ha cura, prima di intraprenderne la coltivazione, di intasare con cemento i sondaggi per non lasciare aperte vie d'acqua nella futura miniera: L'esperienza ha più volte dimostrato nel Belgio quanto sia importante questa precauzione. Infine, deve essere fatta opportuna scelta del sistema di coltivazione, per non compromettere l'impermeabilità del massiccio protettore, quando si tratta di coltivare giacimenti che si protendono sotto il mare, sotto laghi, oppure sotto potenti formazioni acquifere.

478. **Gallerie di scolo.** — In tutte le coltivazioni dove vi sono gallerie inferiori che sboccano a giorno, le gallerie stesse sono di scolo, perchè convogliano all'esterno le acque che raccolgono i lavori sotterranei. Quando la miniera è coltivata senza gallerie che sboccano a giorno, è possibile fare l'eduzione delle acque con una galleria di scolo, nel solo caso che la regione offra uno sfogo all'acqua così raccolta al livello più basso dei lavori minerari. Si comprende quindi che se la topografia locale richiede per lo scolo dell'acqua una lunga galleria, la convenienza economica di costruirla, dipenderà dalla ricchezza della miniera o del bacino minerario che si deve prosciugare.

In alcune contrade, come nell'Harz, in Sassonia, nell'Ungheria, ecc., dove importanti e ricchi giacimenti minerari appartengono allo Stato, furono aperte delle lunghissime gallerie di scolo, destinate al prosciugamento dei bacini minerari. La galleria Ernest-August di Claustal, la più profonda delle cinque che furono

successivamente aperte nella regione, è lunga 33 chilometri; la galleria Rotschoenberg di Freiberg misura 37 chilometri, quella Joseph II di Schemnitz è lunga 22 chilometri, ecc. Queste gallerie costituiscono delle opere minerarie gigantesche, sopratutto degne d'ammirazione se si pensa che la maggior parte di esse fu aperta quando ancora non si disponeva dei mezzi potenti di abbattimento delle roccie che sono oggi correntemente impiegati.

Con queste lunghe gallerie, aperte alla profondità di qualche centinaio di metri sotto il suolo, si liberarono dalle acque le parti più profonde delle antiche miniere, rendendo così coltivabili per notevoli altezze degli importanti e nuovi giacimenti minerari.

A Monteponi, in Sardegna, si aprì 20 anni fa una importante galleria di scolo di 6 km. e $^1/_2$ di lunghezza, che va al mare, allo scopo di abbassare di 50 metri le acque della formazione calcarea della regione, per coltivare per altrettanta altezza le ricche colonne di galena della miniera, che erano già state sfruttate superiormente fino al livello delle acque permanenti.

È evidente che la divisione della proprietà delle miniere crea degli ostacoli all'eseguimento di queste grandiose opere. In Inghilterra e negli Stati Uniti i proprietari di miniere soventi si consorziarono per aprire delle gallerie di scolo: altre volte l'impresa di prosciugare gruppi di miniere, venne assunta da società all'uopo costituite. Presso noi, ove lo spirito di associazione è meno sentito, provvede una legge speciale, a costituire i consorzi obbligatori per l'eduzione delle acque delle miniere.

Le gallerie di scolo, quando misurano lunghezze ragguardevoli, si compiono da più attacchi intermedi. Così la galleria Ernest-August fu attaccata contemporaneamente in 18 punti e compiuta in 14 anni, nella seconda metà del secolo scorso. Gli attacchi multipli erano specialmente necessari in passato per accelerare il lavoro e per non avere gallerie troppo lunghe a fondo cieco.

Richiedono queste opere minerarie evidentemente una notevole posta iniziale di danaro, ma una volta compiute, permettono delle eduzioni continue, rilevantissime, senza spesa d'esercizio. — Parecchie gallerie di scolo si prestarono anche ad applicazioni accessorie, come vie di trasporto, oppure come canali di fuga per creare forze motrici. Queste ultime applicazioni abbondano specialmente nell'Harz, dove le acque superficiali sono trattenute nei numerosi bacini costruiti nella regione e poscia condotte alla galleria di scolo, creando così cadute di grande altezza: Presso Claustal due sedi d'estrazioni (macchina d'estrazione, compressori, e

pompe per le coltivazioni che si profondano sotto la galleria di scolo) sono completamente mosse da cadute d'acqua ottenute artificialmente, metodo, del resto, antichissimo nella contrada. Oggi poi queste cadute artificiali assunsero nuova importanza coll'introduzione delle turbine e dei trasporti elettrici dell'energia, che permettono di utilizzarne la forza ove occorre nella miniera od alla superficie del suolo, magari a notevole distanza dal luogo di produzione.

Se le gallerie servono solamente allo scolo dell'acqua, la sezione è generalmente di $3 \div 4$ mq.: se sono destinate come vie navigabili (ormai però cadute in disuso anche nell'Harz) la sezione naturalmente dovrà essere maggiore.

La pendenza delle gallerie di scolo dianzi accennate varia fra 0,5 e 3 %. Evidentemente nelle gallerie lunghe si adottano pendenze moderate per non perdere molto nell'altezza utile dell'esaurimento a monte della galleria, e cioè dove essa prosciuga la zona mineraria che si vuole sfruttare e che conviene coltivare per la maggior altezza possibile.

479. *Sifoni.* — In alcune piccole coltivazioni, come ad es. nelle cave di gesso di Sussex in Francia e nelle miniere superficiali del North Wales, si adottarono per l'eduzione delle acque dei sifoni, costituiti da tubazioni in ferro, le quali mediante un condotto ausiliario ed una valvola di chiusura, possono essere innescate con dell'acqua. Il sifone così innescato continua poscia ad agire di per sè. La portata del sifone è facilmente calcolabile, dato il dislivello L fra la sua bocca di presa e quella d'uscita: La velocità d'efflusso sarà data dalla velocità di caduta da tale altezza, naturalmente diminuita della resistenza, espressa in altezza acqua, della tubazione.

Questi apparecchi servono utilmente nelle modeste installazioni all'aperto. È chiaro che il sifone non può aspirare oltre $5 \div 6$ metri d'altezza nei percorsi relativamente notevoli. In ogni caso si può facilmente calcolare il diametro della tubazione e la resistenza offerta dalla condotta.

480. **Eduzione meccanica.** — *Con motori alla superficie.* — Quando una cava od una miniera non può essere prosciugata con una galleria di scolo o con sifoni, è evidente che occorrono mezzi meccanici per sollevare l'acqua dalla profondità degli scavi fino alla superficie.

L'eduzione si compie in generale valendosi dei pozzi, e può essere fatta o colla macchina d'estrazione o con speciali installa-

zioni di pompe. Soventi si rende possibile l'eduzione delle acque colla macchina d'estrazione anche nei pozzi muniti di pompe, per poter all'occorrenza fronteggiare le venute d'acqua, qualora le pompe destinate all'esaurimento si guastassero.

Il sistema d'estrazione dell'acqua con recipienti mobili lungo il pozzo, è specialmente adottato nell'*affondazione dei pozzi.* Gli stessi recipienti che servono all'estrazione del materiale, sono impiegati anche per sollevare l'acqua: Evidentemente le venute di acqua non debbono in questi casi sorpassare 100 ÷ 200 litri al 1'. Quando le venute d'acqua sono più forti, si usano invece delle grandi benne per acqua, mosse da una macchina d'estrazione: esse scendono ad attingere l'acqua in grandi serbatoi di lamiera, sospesi mediante tiranti ad alcuni metri sopra il fondo del pozzo in via di affondazione: Delle pompe ad aria o ad acqua compressa, od a vapore o elettriche, sollevano l'acqua che si raccoglie nello scavo inferiore a questi serbatoi, dove pescano le benne che la portano alla superficie.

Nelle miniere sotterranee le acque sono convogliate dalla pendenza delle gallerie al pozzo, dove si raccolgono nel tratto che fu all'uopo scavato sotto il livello inferiore della miniera, e che prende il nome di *puisard.*

481. Se le venute d'acqua sono molto importanti, può servire per l'eduzione la macchina d'estrazione, facendola marciare qualche ora al giorno per tirare acqua dal pozzo. Questo sistema è particolarmente uso in nelle minierè metallifere, a traffico, lungo il pozzo, poco rilevante. Siccome però la macchina d'estrazione è per sua natura, specialmente nelle installazioni modeste, un motore di grande consumo di vapore, così esso viene impiegato per l'estrazione dell'acqua solo nei casi in cui le venute sono così poco importanti che non consigliano installazioni speciali di pompe d'esaurimento.

L'eduzione delle acque colla macchina d'estrazione si compie ordinariamente disponendo nelle gabbie, al luogo dei vagoncini, delle apposite benne, munite inferiormente di valvola automatica. Queste gabbie pescano nel *puisard,* ove si riempiono d'acqua, e sono sollevate poscia dalla macchina d'estrazione al punto conveniente per lo scarico. Colà la valvola inferiore, munita di leva, urta in un arresto ed automaticamente si apre, producendo lo scarico della benna.

Nei pozzi a traffico poco rilevante, e dove le venute d'acqua non sono importanti, si adibisce soventi una gabbia all'ordinario

servizio d'estrazione e l'altra, colla fune più lunga che s'avvolge sopra un diametro maggiore, all'eduzione delle acque. L'eduzione delle acque colle benne mantiene il pozzo costantemente bagnato, il che può essere utile per la conservazione delle armature di legname e delle corde. Se però le acque sono acide, esse corrodono le gabbie ed i pezzi metallici che si trovano nel pozzo.

Nelle miniere d'antracite della Pensilvania, dove le venute d'acqua sono importanti, si compie soventi l'eduzione mediante una macchina d'estrazione speciale, che muove lungo il pozzo delle grandi benne, analoghe agli skips, di $10 \div 12$ m.^{3} di capacità. munite inferiormente, al solito modo, di una valvola che s'apre quando la gabbia pesca nel puisard.

Queste benne corrono lungo il pozzo guidate in tre punti, ma quando sono alla superficie riescono guidate solo in due punti inferiormente, mentre per mezzo di due rulli appoggiano colla parte superiore sopra rotaie, che s'incurvano a disporsi orizzontali. La benna quindi ruota inferiormente su un asse che passa per le due guide, mentre s'appoggia e scorre nella parte superiore sulle rotaie incurvate, versando così tutta l'acqua che contiene in un canale laterale. Vuotata la benna, questa ridiscende nel pozzo per riprendere la sua posizione primitiva fra le tre guide che la riportano al puisard a raccogliere altra acqua. Nelle miniere di Pensilvania s'abbrucia nelle caldaie del carbone che non ha valore mercantile: ciò dà ragione di questi impianti.

Pompe.

482. Le maggiori installazioni di pompe fatte in passato erano esclusivamente destinate alle miniere. Oggi esistono grandiosi impianti di pompe per fornire acqua potabile in parecchie città. — In tutte le installazioni antiche le pompe erano stabilite lungo il pozzo a riprese, ossia si collocavano nel pozzo diversi corpi di pompa, a movimento sincronico, ottenuto con un unico motore installato alla superficie. Il corpo di pompa inferiore era *aspirante* e *sollevante:* il suo tubo d'aspirazione pescava nel puisard ed il tubo premente portava per un'altezza di $30 \div 40$ metri l'acqua in un primo serbatoio, situato nel pozzo stesso; un secondo corpo di pompa *premente* spingeva l'acqua dal primo serbatoio in un secondo, collocato a circa 50 m. sopra il primo, dove un terzo corpo

di pompa premente sollevava l'acqua di un altro tratto; e così successivamente, *per riprese*, l'acqua riusciva spinta alla superficie.

I diversi corpi di pompa, scaglionati lungo il pozzo, si trovavano sopra una stessa verticale ed erano sincronicamente comandati da un'unica asta, detta *asta maestra*, che sospesa nel pozzo, lungo esso compiva delle escursioni verticali. Quest'asta, generalmente di ferro, era contrappesata alla parte superiore e mossa dal motore. Le sue escursioni corrispondevano alle corse degli stantuffi nei corpi di pompa.

I primi motori per pompe da miniera, stabiliti verso il 1750 in Germania, erano a *colonna d'acqua*. Si utilizzarono nell' Harz delle cadute d'acqua di notevole altezza e di piccolo volume per azionare l'asta maestra, destinata al comando delle pompe: l'asta quindi si trovava in diretta relazione colla macchina a colonna d'acqua. Queste macchine man mano si perfezionarono nel sistema di distribuzione e per la nessuna sorveglianza che richiedevano e per l'andamento loro lento e silenzioso, godettero e godono tuttora favore.

Un motore di questo genere fu installato ancora nel 1880 nel Nassau, sul fondo di un pozzo minerario, per azionare con l'asta maestra un gruppo di pompe in ripresa. L'acqua motrice scaricata dalla macchina, vien sollevata nella stessa tubazione premente dalle pompe fino alla galleria di scolo.

Caratteristica di queste macchine a colonna d'acqua, installate anche più recentemente a Huelgoat, alla miniera Bonifacius in Vesfaglia ed a Holzappel, ecc. è principalmente il sistema di distribuzione dell'acqua sotto lo stantuffo motore, collegato coll'asta maestra. Questa, al termine delle sue escursioni, comanda con un sistema di leve l'accesso dell'acqua motrice sopra le faccie di un sistema di stantuffi differenziali, che mettendosi in moto, stabiliscono od intercettano la comunicazione della colonna d'acqua motrice collo stantuffo solidale all'asta maestra. Siccome nella discesa dell'asta maestra il peso dell'asta e delle parti ad essa solidali, riesce molto superiore alla contropressione dell'acqua motrice, questa contropressione venne talvolta aumentata, collocando la macchina parecchi metri sotto il canale di fuga dell'acqua delle pompe, in modo da aumentare l'altezza della colonna motrice. — I corpi di pompa di queste installazioni sono elevatori; alla salita dell'asta maestra il motore solleva per $1 \div 3$ metri l'asta stessa, oltrechè gli stantuffi delle pompe e la colonna d'acqua, con una velocità di $25 \div 30$ centimetri al $1''$; il sistema costituito dall'asta e

dagli stantuffi poi scende con una velocità pressochè doppia. L'effetto di queste pompe, misurato in acqua, è circa il $60 \div 65\ \%$ del lavoro speso pel sollevamento dell'asta.

In altre installazioni più moderne il motore a colonna d'acqua costituisce semplicemente l'organo ricevente di una trasmissione idraulica. L'acqua viene compressa per mezzo di pompe ad alta pressione ed inviata in un accumulatore; essa poi aziona il motore a colonna dell'asta. In questo modo a Gneisenau in Wesfaglia si stabilì, ad es. un motore ad acqua sufficientemente potente per azionare l'asta maestra, occupando una porzione assai piccola della sezione del pozzo, che era alquanto deficiente e che non si poteva variare.

Ma nelle installazioni di questo genere, e cioè con pompe comprimenti l'acqua, si fa anche a meno dell'asta maestra, comandando direttamente le pompe delle riprese coll' acqua compressa, mettendo le due camere dei vari cilindri motori delle pompe in relazione, per mezzo di due tubazioni convenientemente resistenti, colle camere di un analogo cilindro, collocato alla superficie e mosso da un motore a vapore. Pel movimento del pistone di quest'ultimo cilindro, l'acqua agisce successivamente sulle due faccie dei pistoni dei cilindri delle pompe, provocandone il movimento. L'acqua compressa, che ha agito sulle pompe, risale per apposita tubazione in un serbatoio superiore, posto alla superficie, ove si provvede alle eventuali aggiunte, necessarie per riparare le perdite dei giunti; l'acqua poi ripresa è nuovamente compressa e rinviata alle pompe.

Queste installazioni tuttavia non sono usate nelle miniere, ove più razionalmente si preferisce servirsi dell'acqua compressa per azionare un'unica pompa, sufficientemente potente, installata nella parte più profonda della miniera e destinata a sollevare d'un sol getto l'acqua fino alla superficie, come vedremo più avanti.

483. *Macchine a vapore.* — Le prime installazioni di motori a vapore, destinati ad azionare le aste maestre di pompe da miniera, risalgono al 1760. L'asta era collegata direttamente collo stantuffo di un cilindro verticale, installato alla superficie, sulla verticale dell'asta: Il vapore ammesso alla parte inferiore dello stantuffo, provocava il sollevamento del sistema. Al termine della corsa uno spruzzo d'acqua condensava il vapore, e lo stantuffo e l'asta quindi ricadevano pel proprio peso: L'urto era evitato da un cuscino di vapore. Macchine di questo tipo con consumi di circa 150 kg. di carbone per cavallo, esistono forse ancora in alcune miniere di carbone inglesi.

Le macchine di *Watt* a bilanciere, che agivano a bassa pressione con un condensatore, e nelle quali il vapore vivo era ammesso sopra lo stantuffo quando l'asta maestra si sollevava nel pozzo, rappresentarono un perfezionamento notevole delle precedenti, ed alcuni tipi di queste macchine esistono tutt'ora nel Belgio.

Più tardi, e cioè verso il 1830, si costrussero le macchine *Cornovaglia* con bilanciere e ad espansione del vapore: il forte peso dell'asta maestra e del contrappeso, permisero questa innovazione. Il cilindro verticale mantenne le sue grandi dimensioni; la marcia dell'asta era sempre lenta e l'ammissione e l'espansione del vapore si regolavano indipendentemente dalla posizione dell'asta, con un ingegnoso e semplice organo chiamato *cateratta*. Queste macchine realizzarono forti economie di vapore sulle precedenti. Si ritrovano in parecchie miniere ed una delle installazioni d'acqua potabile della città di Lione, possiede ancora di queste macchine. Una macchina Cornovaglia, l'unica che crediamo sia stata impiantata in Italia, è ancora visibile al Pozzo Piccalinna a Montevecchio, per quanto da anni sia stata sostituita con altra pompa.

484. In tutte queste installazioni di pompe assume notevole importanza il contrappeso, il quale fu costituito nei modi più svariati, o rendendo solidale all'estremità di un bilanciere una serie di dischi di ghisa, o distribuendoli su vari bilancieri adattati lungo l'asta. Talvolta, per economia di spazio, il contrappeso si muove verticalmente ed è unito al bilanciere per mezzo di catene: In altri casi s'adottarono dei contrappesi idraulici, costituiti da colonne d'acqua che sono spinte in appositi condotti verticali.

Le disposizioni relative ai contrappesi dell'asta servirono anche a regolare il lavoro del motore, provocando opportunamente in una corsa dell'asta un rallentamento ed una accelerazione nel movimento rispettivamente alla fine ed al principio della corsa. I bilancieri costrutti con questo intento, presero il nome di *rigeneratori di forza* ed uno dei più noti è quello di Bochkoltz: Il bilanciere sostiene ad un'estremità il contrappeso ed è unito dall'altro estremo all'asta maestra; esso porta inferiormente, in corrispondenza al fulcro, una squadra, pure gravata da un contrappeso. Quando l'asta maestra si trova a metà della sua corsa, il bilanciere è orizzontale ed il contrappeso ausiliario non ha quindi alcuna influenza sul sistema, essendo il relativo braccio verticale, ma se l'asta discende, esso, spostandosi, crea un momento negativo, che s'oppone all'accelerazione. All'inversione della corsa dell'asta, il momento del contrappeso ausiliario diventa evidentemente positivo e favorisce la discesa dell'asta.

485. Ai cilindri a semplice effetto delle macchine d'esaurimento fecero seguito, verso il 1865, cilindri a doppio effetto a piena ammissione. L'asta maestra pesava in quelle macchine all'incirca la metà del peso della colonna d'acqua da sollevare. Evidentemente allora, nella discesa dell'asta il peso da vincere era $\frac{P}{2}$ e parimenti $\frac{P}{2}$ era il peso da sollevare nella seconda fase del movimento. Ai vantaggi di questa disposizione, che portava a minori dimensioni del cilindro, faceva però riscontro l'inconveniente che l'asta maestra doveva lavorare svantaggiosamente nella corsa discendente come un solido caricato di punta. Tali macchine quindi agivano solo per profondità inferiori a 200 ÷ 250 metri.

Ma la vera soluzione per l'impiego dei motori a doppio effetto fu di adottare il movimento rotativo. Le ***macchine rotative*** limitano geometricamente la corsa dello stantuffo ed evitano i danni che possono derivare dalla rottura dell'asta maestra, che lancerebbe, nei motori fin qui visti, lo stantuffo fuori del cilindro. Inoltre i motori rotativi permettono un maggior numero di escursioni dell'asta maestra al minuto, e l'applicazione del volano dà modo di ricorrere all'espansione senza mettere delle masse pesanti in movimento: infine il motore rotativo richiede un consumo più regolare di vapore. La macchina, essendo a doppio effetto, deve dare lo stesso lavoro nelle due corse dell'asta, e perciò, secondo il tipo di pompe che si adottano nel pozzo, si calcola il contrappeso in modo da rendere costante il lavoro del motore.

486. Le macchine rotative sono a bilanciere coi cilindri verticali, oppure più frequentemente sono orizzontali. Le prime s'incontrano generalmente nelle grandi installazioni, perchè richiedono meno spazio in prossimità al pozzo; le seconde sono invece più appropriate per le installazioni relativamente modeste: tuttavia esistono in parecchie miniere pompe orizzontali di 1000 cavalli di forza.

Negli antichi motori l'asta maestra alle estremità della corsa passava per un arresto prima di riprendere il movimento: Tale riposo era assai vantaggioso al funzionamento delle pompe ed alla conservazione dell'asta. I motori rotativi mantenevano invece l'asta maestra in movimento continuo, per cui, all'inversione della marcia, si verificavano delle tensioni, che causavano delle vibrazioni laterali all'asta maestra, assai pregiudizievoli alla sua conservazione. La velocità pertanto del motore doveva necessariamente essere limitata, e questo limite diminuiva coll'aumentare della lunghezza dell'asta maestra.

Ciò costituiva un grave inconveniente, e per eliminarlo il Kley nelle sue macchine rotative di Bleialf in Prussia, installate nel 1876, e più tardi in quella della miniera Helene Nachtigall in Wesfaglia, calcolò il volante in modo che si arrestasse al punto morto, e comandò la distribuzione indipendentemente dall'asse del volante, per mezzo di una cateratta. La macchina è quindi rotativa ma a movimento intermittente: Con velocità ridotte, la macchina funziona realmente come quelle ad azione diretta, e per l'adozione del volante, permette un alto grado di espansione: il vantaggio però scompare quando la macchina deve funzionare rapidamente, ossia con movimento continuo, e per questo motivo il tipo Kley non si diffuse.

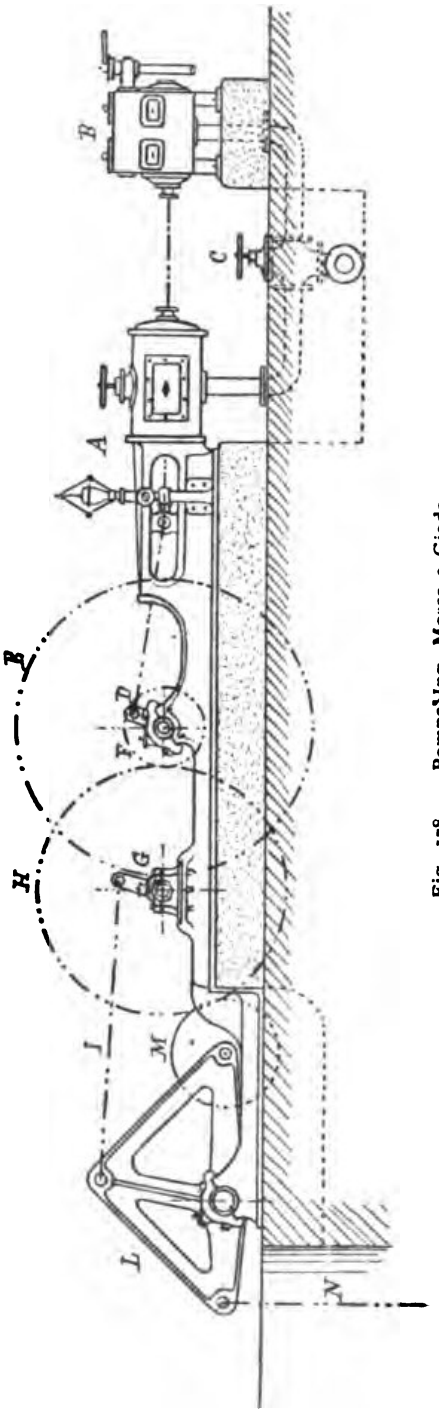


Fig. 178. — Pompaling. Mossa e Gioda.

487. Per macchine non molto potenti si preferì ridurre la velocità per mezzo di ingranaggi, e per ottenere alla fine delle corse dell'asta maestra un rallentamento di velocità, favorevole al buon funzionamento delle pompe, si applicò al motore un volante calcolato molto preciso, per cui il motore rallenta la propria velocità in vicinanza dei punti morti, che corrispondono alle posizioni estreme dell'asta maestra. Nella figura 178 è rappresentata una pompa di questo tipo installata a Montevecchio: *A* è il motore, *B* il condensatore, *E* il volante ed *F* il pignone che imbocca colla ruota dentata *H*: questa porta

l'asse a collo *G*, il quale, per mezzo della biella *I*, comanda il bilanciere *L*. In *N* è sospesa l'asta maestra, mentre dei dischi *M* di ghisa la contrappesano dall'altra parte del bilanciere. Il volante *E*, diviso in due elementi, ha piccola ampiezza, per cui quando l'asta *N* è al termine dell'escursione e la testa *G* della biella, e quindi la manovella, passa ai punti morti, si vede il motore rallentare nel movimento, quasi avesse difficoltà a vincere i punti morti, oltrepassati i quali esso accelera il movimento.

Con queste macchine rotative si possono realizzare lunghe espansioni e diminuire gli spazi nocivi: Le macchine riescono relativamente poco pesanti e poco ingombranti, essendo a doppio effetto e potendo assumere velocità maggiori di quelle a semplice effetto: infine la rottura dell'asta maestra non può determinare guasti nel cilindro a vapore, le cui escursioni sono geometricamente definite, ma solo danneggiare eventualmente le pompe scaglionate lungo il pozzo.

Per le installazioni molto profonde, la velocità di queste pompe deve però essere ridotta, per diminuire l'importanza delle vibrazioni longitudinali dell'asta maestra, dovute all'elasticità del materiale, che creano seri pericoli per la sicurezza della macchina a rotazione.

Nella Vesfaglia si costrussero alcune macchine di questo tipo col sistema compound per eduzioni molto importanti: Così è quella di 1000 cavalli del pozzo Presidente di Bochum, che solleva 6 metri cubi d'acqua al minuto da 345 metri di profondità.

488. I *corpi di pompa* delle installazioni lungo i pozzi possono essere aspiranti e sollevanti, oppure prementi. Nel primo tipo si ha una valvola posta inferiormente alla camera dello stantuffo, all'unione del tubo di aspirazione: Lo stantuffo che si muove nel corpo di pompa, il cui diametro è generalmente maggiore di $^1/_4$ del diametro del tubo aspirante, è tubolare, e porta una valvola che, come quella inferiore fissa, si apre dal basso all'alto. Evidentemente, quando lo stantuffo, comandato dall'asta, si alza, entra dalla valvola inferiore pel tubo d'aspirazione dell'acqua nella camera della pompa, e quando lo stantuffo discende, si chiude per la compressione la valvola inferiore e l'acqua sfugge attraverso quella dello stantuffo anulare, sopra il quale si porta, per essere poi sollevata dallo stantuffo medesimo nella successiva corsa ascendente.

Queste pompe sono facili a riparare anche se annegate, bastando ritirare dalla colonna superiore lo stantuffo e se occorre anche la valvola inferiore, che è semplicemente posata sulla sede

con del piombo o con altro mezzo. — Le pompe aspiranti e sollevanti si dispongono alla base di ogni serie di pompe in ripresa, appunto perchè agiscono anche se annegate.

Anzichè impiegare lo stantuffo anulare, soventi si fa uso di uno stantuffo pieno, che scorre in un cilindro posto in relazione alla colonna. Detto cilindro verticale comunica per mezzo di un gomito colla tubazione principale, la quale, sopra e sotto l'innesto del gomito, porta due valvole, che s'aprono entrambe dal basso all'alto. Sollevandosi lo stantuffo nel cilindro, avviene l'aspirazione dell'acqua attraverso la valvola inferiore posta nella tubazione, mentre coll'abbassarsi dello stantuffo, l'acqua prima aspirata nel cilindro viene spinta nella parte superiore della tubazione attraverso la valvola superiore. Generalmente queste pompe sono a stantuffo tuffante: esso è accuratamente tornito e penetra nella camera cilindrica della pompa da un'apertura esattamente alesata, per cui esso non tocca le pareti del cilindro. Superiormente detto stantuffo attraversa un premi-stoppa. In questo modo lo stantuffo riesce facilmente lubrificato dal grasso del premi stoppa e dall'acqua.

489. Lo stantuffo nelle grandi pompe è di acciaio o di ghisa ed alla parte superiore è opportunamente collegato coll'asta maestra. Le sezioni libere dei diversi corpi di pompa delle riprese sono eguali fra loro ed a quelle dei pistoni tuffanti e ciò per evitare variazioni di velocità nella massa d'acqua in movimento.

Nella fig. 179 si osserva l'installazione di una pompa di questo tipo, la quale costituisce una ripresa in un pozzo da miniera, in *a a* si vede l'asta maestra, qui rappresentata da una semplice asta di legno. L'asta maestra è divisa longitudinalmente in due parti per l'altezza del corpo di pompa e riunita per mezzo di due tiranti in basso. All'asta è solidale lo stantuffo tuffante, che attraverso il premistoppa entra nella camera posta sopra *d*. Questa camera trovasi in relazione colla tubazione *c b*. In *f* ed *e* si trovano le due valvole orizzontali, che sono facilmente accessibili, togliendo le relative placche quadrate *e f*, munite di bulloni. Siccome l'aria che si può svolgere dall'acqua, tende a riunirsi nella parte superiore della camera dello stantuffo, si osserva fra le valvole un rubinetto, che permette la comunicazione della parte superiore del corpo di pompa colla colonna d'acqua ascensionale.

L'aria che s'annida nella parte superiore del corpo di pompa, essendo compressibile, potrebbe condurre al dannoso effetto di permettere un'accelerazione allo stantuffo che discende, accelera

zione che darebbe luogo ad una violenta impulsione all'acqua sottostante, che si trova in riposo, cagionando così un colpo d'ariete nella pompa.

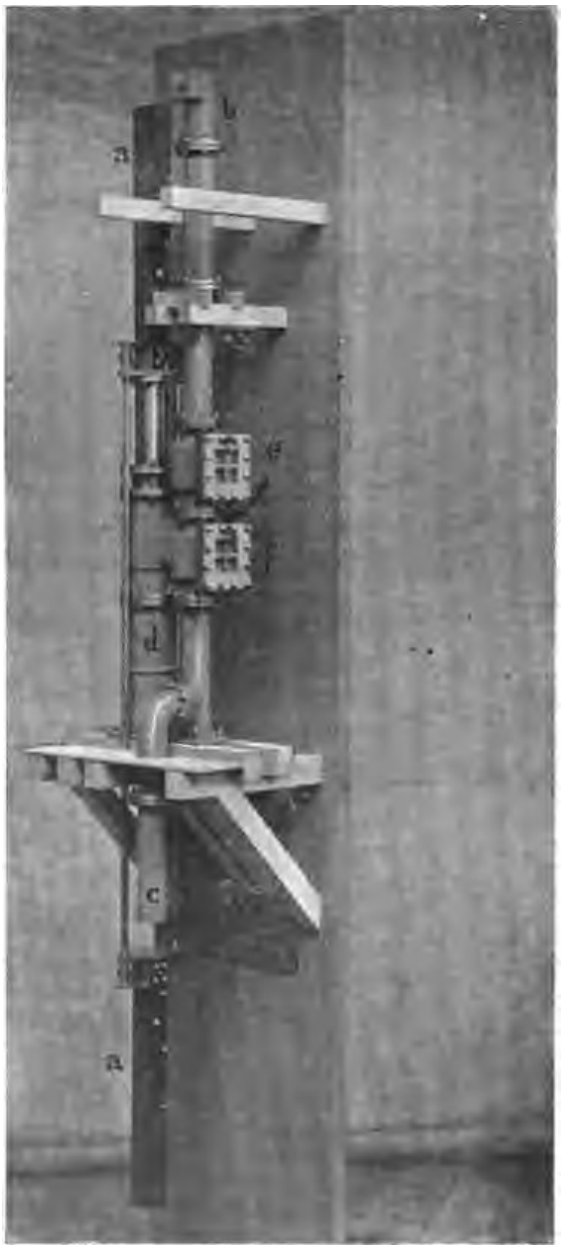


Fig. 179.

L'acqua giunge dal serbatoio, che si trova a livello del corpo di pompa, attraverso la valvola *f* durante l'ascesa dell'asta maestra, mentre abbassandosi poscia coll'asta lo stantuffo, l'acqua si solleva nella tubazione *b*, passando per la valvola *e*.

È evidente che in tali condizioni l'asta maestra è soggetta a tensione durante il sollevamento dello stantuffo ed a compressione durante la discesa, e specialmente cioè durante la fase efficace del movimento. Siccome l'asta maestra ha sempre notevole lunghezza, convenne soventi di non sottoporla a compressioni di punta, e quindi si rovesciarono i corpi di pompa, facendo agire lo stantuffo dal basso all'alto per sollevare l'acqua e dall'alto al basso per aspirarla. La pompa allora dicesi talvolta *elevatoria*, per distinguerla dalla precedente, che è detta *comprimente*, appunto ponendo mente all'azione diversa dello stantuffo.

Nella fig. 180 è rappresentato uno dei corpi di pompa elevatori del pozzo n. 5 di Bascoup. Il corpo di pompa mobile è costituito da un tubo chiuso inferiormente, sostenuto dall'asta maestra, che passa superiormente attraverso un premistoppa: esso scorre esternamente al tubo fisso, che è in relazione colla camera delle valvole montata sulla colonna di tubi. Le guarniture necessarie all'asta e al corpo di pompa, facili a mantenersi ed a cambiarsi, sono rappresentate in figura. Discendendo l'asta maestra, si genera nel corpo di pompa una capacità, per cui l'acqua affluisce dalla condotta attraverso la valvola inferiore a riempirla. Nella fase successiva, sollevandosi il corpo mobile della pompa, l'acqua attraverso la valvola superiore viene spinta nella condotta premente. L'asta maestra in questo caso agisce per tensione.

490. Fino ad ora abbiamo visto pompe a semplice effetto: è ben nota però nelle miniere una pompa a doppio effetto, a stantuffo tubolare, che data dal 1850 e che ricevette molte applicazioni: essa è conosciuta col nome dell'inventore *Rittinger*.

Nella fig. 181 è rappresentata tale pompa: Fra la parte inferiore e la parte superiore della condotta, entrambe fisse di posizione, scorre a cannocchiale un corpo di pompa AB, che è uno stantuffo tubolare, il quale, mediante opportuni premi-stoppa, penetra nella tubazione inferiore, ed accoglie invece quella superiore. Una valvola è collocata sotto il corpo mobile, nella parte fissa della tubazione, ed una seconda valvola è posta nel corpo mobile, a circa metà della sua altezza.

Supponiamo che l'asta maestra compia delle escursioni h e chiamiamo D e d i diametri dei tubi. Se ammettiamo che esista la relazione $D^2 = 2\,d^2$, avverrà che la pompa solleverà, sia durante l'ascesa come durante la discesa dell'asta maestra, lo stesso volume d'acqua. Nella corsa ascendente, infatti, si annullerà superiormente il volume $\frac{\pi\,d^2}{4}\,h$, mentre si genererà alla parte inferiore il volume $\frac{\pi\,D^2}{4}\,h = \frac{2\,\pi\,d^2}{4}\,h$. Nella corsa discendente questo volume si annullerà, e quindi l'acqua passerà attraverso la valvola superiore, mentre si genererà superiormente il volume $\frac{\pi\,d^2}{4}\,h$ che prima si era annullato. L'efflusso dell'acqua sarà quindi nella discesa dell'asta:

$$h\left(\frac{2\,\pi\,d^2}{4} - \frac{\pi\,d^2}{4}\right) = \frac{\pi\,d^2}{4}\,h$$

ossia eguale all'efflusso che si ebbe durante la salita dell'asta.

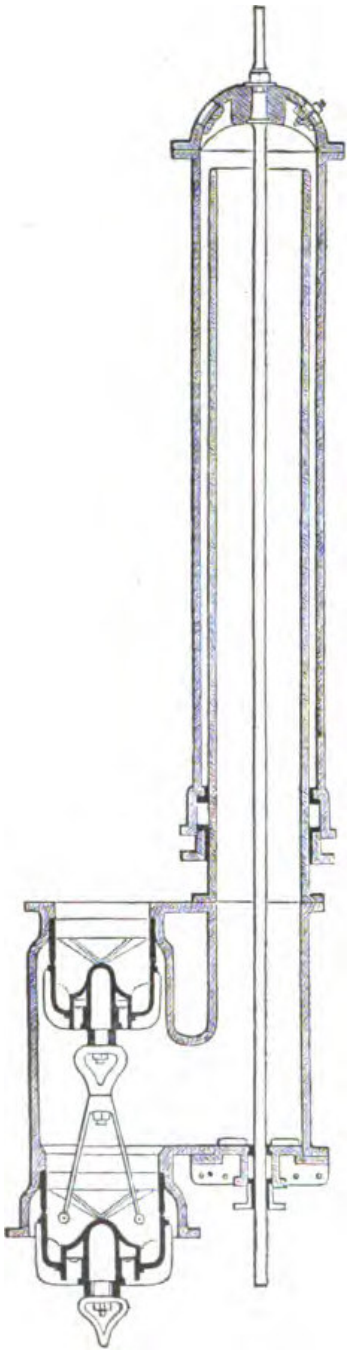


Fig. 180.

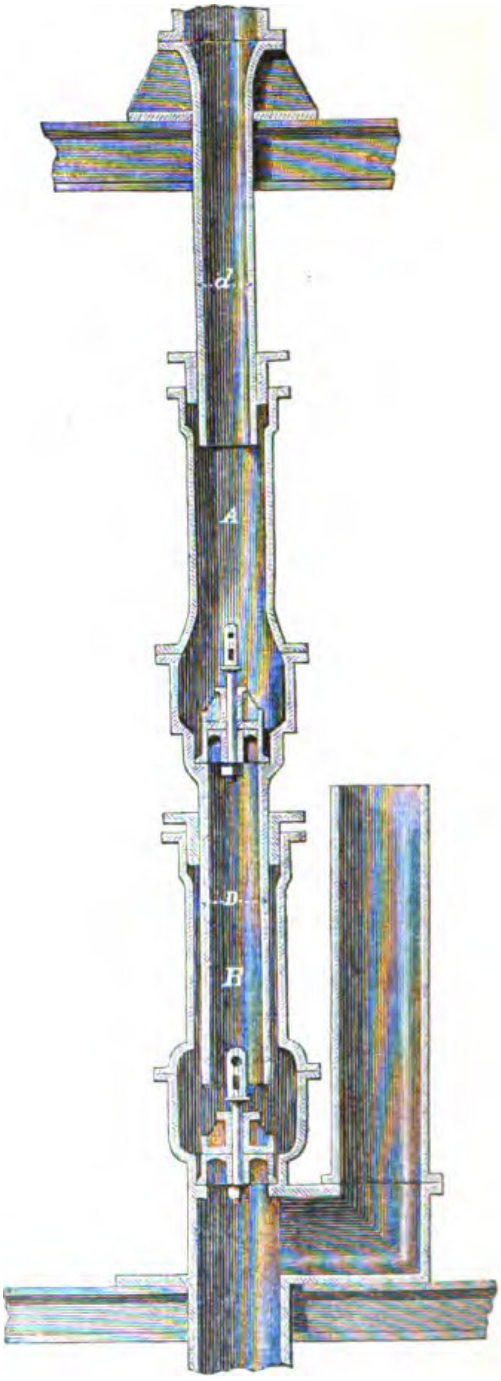


Fig. 181.

Non sempre però si tiene il rapporto suaccennato fra D e d, potendo invece convenire che la portata della pompa, durante l'ascesa dell'asta maestra, sia maggiore che durante la discesa, se occorre equilibrare il motore.

È chiaro che durante la discesa dell'asta non passa acqua attraverso la valvola inferiore, mentre arriva ad essa l'acqua spinta dal corpo di pompa inferiore: Ogni corpo di pompa intermedio possiede quindi un serbatoio laterale, generalmente ottenuto come in figura con un raddoppiamento della tubazione.

Le pompe Rittinger sono di costruzione semplice e molto solida ed esigono organi di dimensioni ridotte in confronto alle pompe a semplice effetto: esse quindi occupano poco spazio nel pozzo. La distribuzione degli sforzi dell'asta maestra si compie in condizioni favorevoli. Queste pompe sono però costose e richiedono un'installazione assai accurata. Esse godettero molto favore specialmente fino al 1880.

Le pompe scaglionate lungo i pozzi delle miniere, hanno dimensioni calcolate in relazione alle quantità di acqua che devono sollevare. Siccome però il diametro dei corpi di pompa raramente sorpassa 0,60, per le difficoltà che corpi più voluminosi presenterebbero nel collocamento nei pozzi, così nelle installazioni a marcia lenta — come erano quelle con macchine a trazione diretta — la corsa dell'asta maestra misurava soventi di $3 \div 4$ metri. Coi motori rotativi, più veloci, l'altezza dei corpi di pompa si ridusse a m. $2 \div 1{,}50$, ed anche solo $1 \div 0{,}50$ metri con le pompe Rittinger, che permisero circolazioni d'acqua più veloci.

491. *Asta maestra.* — L'asta maestra nelle installazioni di pompe in ripresa costituisce un organo essenziale, destinato a trasmettere il movimento dal motore a giorno alle pompe scaglionate lungo il pozzo su una stessa verticale.

L'asta maestra quindi si muove nel compartimento destinato alle pompe e la sua costruzione deve esser in relazione agli sforzi cui viene sottoposta: Se i corpi di pompa sono rovesciati, essa agisce solo per tensione, ed allora può essere costituita da ferri tondi, se invece l'asta maestra deve agire per compressione, essa, per riuscire indeformabile come solido caricato di punta, si costruisce preferibilmente in legno od a traliccio con ferri profilati. Se l'asta è di legno, si impiega la quercia, adottando un carico di 50 kg. circa per cent.^{2} Le aste maestre sono semplici o gemelle, e con opportune braccia o traverse, comandano le pompe: esse sono opportunamente guidate lungo il pozzo per evitare ogni dondola-

mento laterale. Degli arresti, muniti di sostanze elastiche, sono disposti sotto e sopra ogni corpo di pompa onde per ogni eventualità sia arrestato il movimento dell'asta prima che lo stantuffo tocchi il fondo del corpo di pompa.

Con particolare cura e solidità devono poi essere installati lungo il pozzo i corpi di pompa ed i raddoppiamenti della colonna, che tengono vece dei serbatoi d'alimentazione delle antiche installazioni. Generalmente si ricorre a robusti sostegni di legno, per l'elasticità che essi presentano. Per il calcolo di un'asta maestra si deve conoscere la resistenza che oppone al movimento ogni corpo di pompa. Questa resistenza si può ritenere eguale al peso della colonna premente d'acqua aumentato di $\frac{1}{10}$ circa. Il calcolo di un'installazione di pompe in ripresa è lungo: Anzitutto, stabilito il numero delle riprese, si dovrà determinare il diametro dei cilindri delle pompe e poscia calcolare l'asta maestra in relazione alla disposizione adottata per le pompe, ed infine calcolare il contrappeso, tenendo conto dell'eccedenza di peso che conviene lasciare per assicurare la spinta dell'acqua e per realizzare nell'asta la velocità voluta.

Questi impianti sono ormai caduti in disuso.

492. **Pompe sotterranee.** — Le installazioni di pompe in ripresa lungo il pozzo, comandate dall'asta maestra, sono oggi antiquate, e nei moderni impianti quasi completamente abbandonate. Esse infatti non si mostrano meccanicamente ben concepite, riescono assai costose d'impianto, sono soggette a guasti frequenti ed infine richiedono, nel caso funzionino a vapore, una forte spesa di combustibile.

Si preferisce quindi, ogni qual volta è possibile, scavare delle camere sufficientemente vaste ed installare delle pompe sotterranee, nella recetta di fondo, le quali mandano d'un sol getto, direttamente, l'acqua fino a giorno.

L'inconveniente che presentano questi impianti è di non agire se le pompe sono annegate, e quindi le installazioni di pompe sotterranee devono esser studiate in modo di poter riparare all'eventualità di colpi d'acqua, se questi possono manifestarsi nella miniera. Soventi quindi l'impianto sotterraneo lo si stabilisce anzichè al livello più profondo della miniera, nel penultimo livello, perchè quello inferiore serva come serbatoio qualora accada una venuta d'acqua eccessiva, salvando così la pompa. Una pompa aspirante e sollevante sussidiaria è quindi destinata in queste installazioni

per alimentare la pompa sotterranea principale, che spinge l'acqua fino alla superficie.

Mentre nelle installazioni con pompe in ripresa era generalmente conveniente stabilire ai vari livelli della miniera dei serbatoi sufficientemente capaci, per accogliere l'acqua proveniente dai livelli stessi durante la fermata delle pompe, nelle installazioni con pompe sotterranee si convoglia invece tutta l'acqua dei differenti livelli nel puisard per essere sollevata alla superficie. Quando però per questo fatto si venisse ad aumentare notevolmente il lavoro richiesto dall'eduzione, può esaminarsi se vi è convenienza di stabilire, ad es., due pompe sotterranee a due livelli della miniera, malgrado la maggior spesa e la complicazione che importerebbe la duplice installazione.

L'acqua è portata a giorno con una tubazione fissata lungo il pozzo, la cui sezione è eguale alla sezione libera delle valvole prementi della pompa, o alquanto più stretta. Ai tubi di ghisa, il cui spessore si calcola colla formula

$$e^{mill.} = \frac{n\,D}{200} + 10$$

dove n è la pressione in atmosfere e D il diametro in millimetri, si sostituiscono oggi tubi di ferro, più leggeri, che si provano idraulicamente al doppio della pressione cui devono assoggettarsi.

Distingueremo le pompe sotterranee che servono per installazioni modeste od anche provvisorie, dalle grandi pompe sotterranee che si impiegano per le eduzioni rilevanti delle miniere.

493. **Piccole pompe sotterranee.** — Le pompe del primo tipo *a vapore* sono sprovviste di volante; consumano quindi molto vapore, essendo raramente realizzata l'espansione; sono queste pompe ad uno od a due cilindri e mostrano una costruzione organica assai semplice; la distribuzione è generalmente comandata dallo stesso stelo dello stantuffo al termine delle sue escursioni. Fra queste pompe, dette soventi *americane*, si citano le Blacke, le Cameron o Tangy, le Davey, ecc.

Fra le pompe di questa serie con espansione, ben noto è un tipo Worthington a tripla espansione, installato per eduzioni piuttosto importanti in qualche miniera del paese di Galles e nella Wesfaglia.

Rientrano anche in questa serie le pompe a vapore che servono nell'affondazione dei pozzi, dette *pompe d'avaleress*, che si tengono sospese per mezzo di funi o di catene nel pozzo in via

di affondazione. Queste pompe prima erano azionate da aste maestre, ma poscia ebbero il motore a vapore direttamente accoppiato. Nella prima categoria entrano le pompe Rittinger, già viste, lungamente usate in alcune contrade nell'affondazione: nella seconda un tipo che gode oggi favore è per es. quello costituito da due pompe accoppiate (*duplex*). Queste pompe sono sospese in modo da poterle far discendere man mano che l'altezza d'aspirazione tende ai $6 \div 7$ metri: esse spingono l'acqua a $100 \div 150$ metri d'altezza e si installano quindi col progredire dell'affondazione delle ripetizioni nel pozzo. Esse sono con condensazione.

Quando le venute d'acqua nel pozzo in scavo sono molto importanti, per vincerle si fanno delle installazioni multiple di pompe. I lavori d'affondazione riescono allora complicati pel grande spazio occupato dalle pompe e pel soverchio calore ch'esse trasmettono.

In alcuni casi si impiegano, per l'esaurimento delle acque nelle affondazioni dei pozzi, dei *pulsometri*, che sono apparecchi che richiedono una forte spesa di vapore ma che, viceversa, sono assai semplici d'installazione e d'esercizio. Nei pulsometri, come è noto, il vapore opera come uno stantuffo fluido alternativamente in due capacità a forma di pera fra loro accoppiate. Il vapore dopo aver agito sull'acqua contenuta in una delle due capacità comprimendola, passa ad agire nello stesso modo nella capacità adiacente, mentre per la condensazione che si produce nella prima capacità, avviene l'aspirazione di nuova acqua.

Questi apparecchi agiscono anche annegati: essi aspirano l'acqua per un'altezza di $5 \div 6$ metri e possono spingerla fino a 40 metri d'altezza. La portata può essere di $150 \div 400$ litri al $1'$. Il consumo di vapore è assai forte. L'apparecchio però è leggero, di poca spesa e non comporta organi cinematici di distribuzione.

494. L'*acqua compressa* serve per dar movimento a pompe provvisorie o di piccola portata. Nella pompa *Sacchi*, ad es., una colonna d'acqua compressa, agente in un ramo di un tubo ad U, serve per dar movimento ad una colonna di mercurio, sedici volte di minor altezza, che si trova nell'altro ramo: Il mercurio costituisce il pistone della pompa. — L'acqua compressa può servire per piccole eduzioni, agendo in iniettori idraulici.

L'*iniettore* riceve dell'acqua a conveniente pressione ed aspira e solleva dell'altra acqua nel tubo di ritorno. Il rendimento di questi apparecchi è piccolo, del 0,20 circa, e cioè per sollevare, ad es., un litro d'acqua al $1''$ di 50 metri, occorre spendere un litro d'acqua alla pressione di 250 metri. Questi apparecchi co-

stano assai poco e non possiedono organi meccanici in movimento. Si possono installare dove si ha acqua sotto forte pressione e, per es. nel caso di riaffondazioni di pozzi, sotto la pompa principale d' eduzione, derivando l'acqua motrice dalla colonna premente della pompa stessa. — L'acqua così sollevata dall' iniettore viene immessa nel bacino dove s' apre l' aspirante della pompa principale.

495. Per eduzioni poco importanti servono talvolta delle pompe mosse da *aria compressa.* I tipi di pompe a vapore dianzi nominati, possono funzionare anche coll'aria compressa, impiegandola come fluido elastico. Siccome però questo sistema di trasmissione della forza è poco economico, le pompe ad aria compressa servono solo per installazioni provvisorie, ove occorre provvedere rapidamente ad estrazioni d'acqua, valendosi delle ordinarie condotte d'aria compressa che per altri servizi si trovano in miniera.

In alcuni casi, per eduzioni assai modeste e di poca prevalenza, possono servire per sollevare l'acqua gli *emulsori*, costituiti da un semplice tubo che pesca nel serbatoio di acqua da vuotare: il tubo riceve inferiormente degli sbuffi d'aria compressa, che poi in forma di bolle lo percorrono, innalzandosi lungo esso, e sollevando così la colonna d'acqua, la quale, emulsionandosi all'aria, diminuisce naturalmente di densità.

496. L'*elettricità* si presta assai bene, come vedremo in appresso, a dar movimento a pompe. Nelle installazioni di pompe provvisorie o di piccola importanza, l'elettricità rende i più utili servigi, per la facilità che presenta nella posa dei conduttori lungo i pozzi o le gallerie.

Nell'approfondamento dei pozzi, specialmente quando sono aperti fra un livello e l'altro della miniera, le pompe elettriche presentano sulle pompe d'avaleress a vapore il vantaggio di non riscaldare l'ambiente e di non richiedere tubazioni di vapore, punto comode a collocarsi specialmente nei luoghi poco ventilati o con stillicidio: Queste tubazioni di vapore, inoltre, sono sempre poco maneggevoli.

Le pompe d'affondazione elettriche sono generalmente delle centrifughe ad alta pressione, disposte coll'asse verticale ed azionate da un motore pure ad asse verticale. Queste pompe, montate sopra intelaiature di ferro e sostenute da una fune, occupano poco spazio e sono facilmente manovrabili. Esse costituiscono, quando esiste un generatore d'elettricità, la soluzione più pratica per l'esauro nei lavori d'affondazione, poichè i conduttori elettrici si ritirano o s'allungano con grande facilità nei pozzi.

497. **Grandi pompe sotterranee.** — *Pompe a vapore.* — Le pompe fisse sotterranee a *vapore* sono state e sono ancora molto in favore nelle miniere. Le caldaie si trovano installate generalmente alla superficie in prossimità al pozzo: esse mandano per mezzo di una condotta, avvolta in coibenti e munita di giunti di dilatazione e di rubinetti di spurgo, il vapore alla pompa sotterranea. Questa, nelle piccole installazioni, come abbiamo già veduto, è sprovvista di volante, generalmente è senza espansione e la distribuzione è comandata dalla posizione dello stantuffo motore, montato in tandem con la pompa. Questi tipi sono raramente usati per installazioni definitive. Alcune installazioni stabili sono tuttavia state fatte con pompe Worthington di questo tipo, ma a condensazione.

Quando le venute d'acqua sono importanti e l'eduzione quindi prende un carattere permanente, si preferiscono le pompe con volante, che permettono di ben utilizzare l'espansione, e siccome le quantità d'acqua da sollevarsi sono relativamente importanti, si adotta per tali pompe quasi sempre la condensazione. Le pompe si installano sopra un puisard molto capace, oppure sopra l'ultimo livello della miniera, quando si possono temere delle inondazioni.

Le pompe sotterranee a vapore sono con motore orizzontale a doppio effetto, a movimento continuo e di perfetta regolarità. Non occorre qui, alcun rallentamento del motore pel passaggio dei punti morti. — Soventi si applica la doppia espansione coi cilindri disposti in tandem; talvolta le macchine sono a tripla espansione allo scopo di economizzare maggiormente del combustibile. La condensazione in queste macchine è sempre applicata, e generalmente tutta l'acqua che si deve sollevare, passa per il condensatore. Sarebbe però facile dimostrare che la condensazione non si potrebbe più realizzare per profondità maggiori di 700 metri, riuscendo allora relativamente troppo forte il peso di vapore necessario alla pompa, e quindi da condensare, per rispetto alla quantità d'acqua che essa solleva.

Nelle pompe sotterranee generalmente si accoppiano due corpi di pompa orizzontali a stantuffo tuffante ed a semplice effetto (tipo Girard) per avere una conveniente regolarità nel movimento dell'acqua, corrispondendo evidentemente due pompe a semplice effetto coniugate ad una pompa a doppio effetto.

Questi corpi di pompa sono d'acciaio fuso, perchè possano resistere alla grande pressione cui soggiaciono: la sezione longitudinale del corpo di pompa è pressochè ellittica, perchè la sua sezione trasversale deve variare in relazione alla velocità che ha lo

stantuffo tuffante nelle successive posizioni che assume: in questo modo l'erogazione d'acqua dalla pompa riesce costante. Per meglio regolarla, si intercalano sulla condotta premente dei serbatoi d'aria, che agiscono come regolatori di pressione, perchè quando la pressione alla base della colonna diminuisce, una parte dell'acqua contenuta nel serbatoio d'aria va nella colonna premente, mentre quando detta pressione aumenta oltre un certo limite, una parte dell'acqua penetra nel serbatoio, comprimendo l'aria ed in quantità minore s'eleva quindi nella condotta.

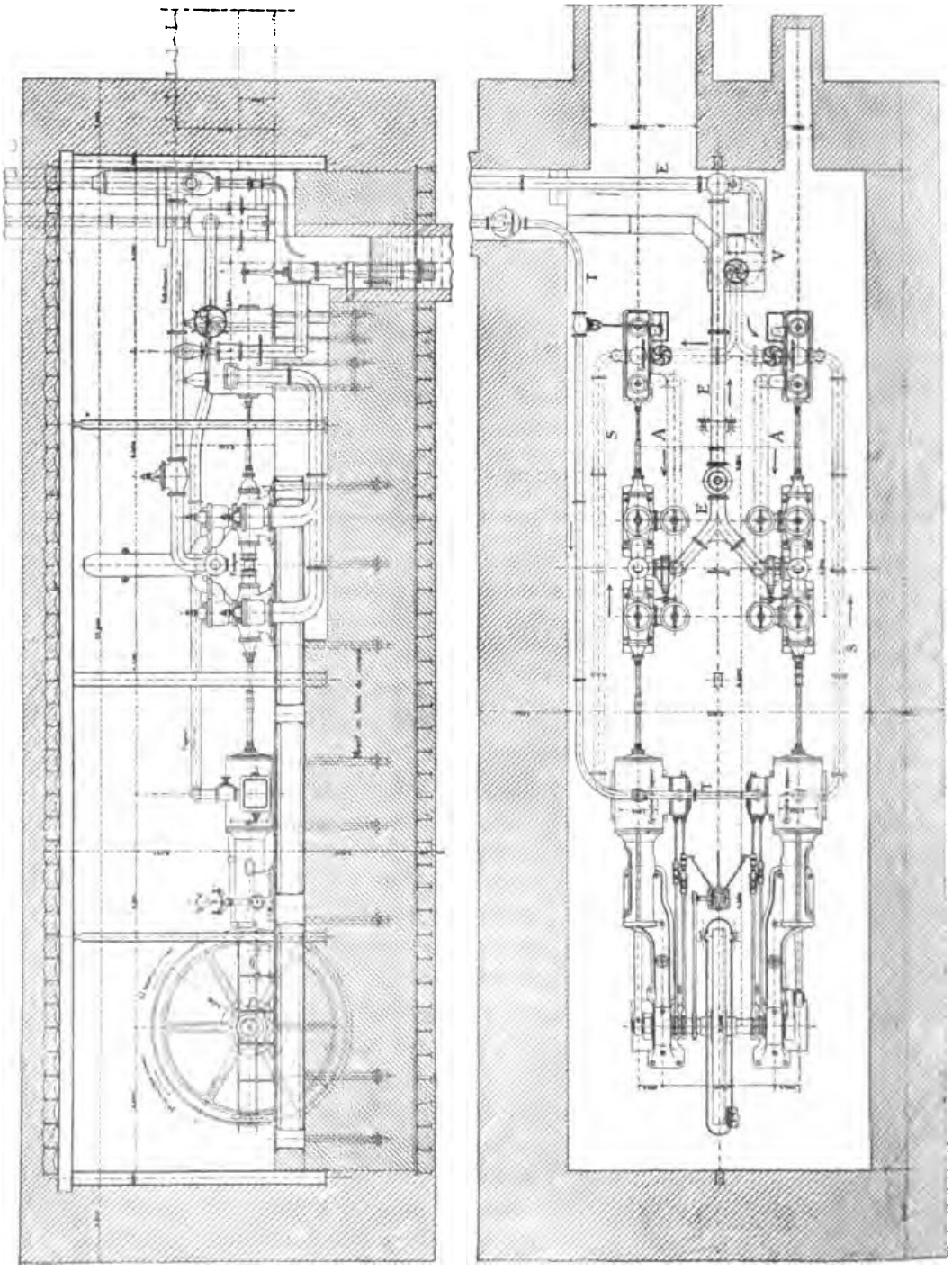
Fra le pompe a doppio effetto si possono anche citare le Dumont e quelle differenziali.

Le pompe sotterranee a volante presentano sulle installazioni con asta maestra il vantaggio di abolire le riprese di pompe e l'asta maestra lungo il pozzo, e di richiedere al motore un lavoro costante, per cui lo si può scegliere di esercizio economico.

Mentre la velocità delle pompe rotative ad aste maestre era limitata nei tipi più perfezionati a $10 \div 12$ escursioni, le pompe sotterranee compiono da 30 a 60 escursioni doppie al minuto. Il consumo di vapore si riduce quindi a $8 \div 10$ kg. per cavallo-ora d'acqua effettivamente sollevata. Ciò ben inteso, supponendo nella pompa una marcia continua, perchè il consumo aumenta notevolmente se la marcia è intermittente, dovendosi mantenere la pompa e le condotte di vapore a temperatura di regime. Nelle pompe più perfezionate a tripla espansione il consumo scese a 7 kg. per cavallo, misurato in acqua sollevata.

498. Nella fig. 182 è rappresentata la pompa Girard installata nella miniera di carbone di Bruay. Come si vede, la pompa ad aria aspira l'acqua, che invia ai condensatori messi in tandem colle pompe e coi cilindri di vapore. L'acqua dai condensatori va per la tubazione A ad alimentare i due gruppi di pompe a semplice effetto, i quali comprimono l'acqua che viene forzata nell'unica condotta E. La disposizione delle pompe in coppie a semplice effetto, di cui ognuna è comandata da uno stantuffo calettato a 90° per rispetto all'altra coppia, ha lo scopo di ottenere nella condotta E una velocità uniforme dell'acqua che eviti i colpi d'ariete.

Il vapore arriva dalla superficie per mezzo di una tubazione rivestita di coibente fino alla camera della pompa, dove passa per un separatore che trattiene l'acqua di condensazione. Il vapore quindi per la tubazione T arriva ai cilindri a vapore, che nel caso considerato sono a semplice espansione. Il vapore di scarico pei condotti S va ai condensatori.


E
T
V
S
F
V
E
S

In molte macchine recentemente costrutte, i cilindri a vapore, sono ad alta ed a bassa pressione.

Nella macchina che consideriamo gli steli degli stantuffi comandano l'albero che porta il volante, il quale si trova collocato simmetricamente fra i due cilindri; i prolungamenti di detti steli portano gli stantuffi tuffanti delle pompe ed infine comandano la pompa ad aria del condensatore.

Un solito regolatore a forza centrifuga, che riceve movimento dall'albero del volante, agisce sulla distribuzione.

L'installazione di questa pompa ha richiesto l'apertura di una grande camera sotterranea, larga oltre 8 metri e lunga 23 metri. Essa fu lateralmente rivestita con muri di 2 metri di spessore. Inferiormente il massiccio di fondazione è di cemento. La camera superiormente è protetta da una serie di voltini, che appoggiano su ferri a *T*. Pure il massiccio di calcestruzzo di cemento, che serve di fondazione alla macchina, posa sopra un sistema di ferri a *T*. Infine la camera è all'interno armata con sostegni metallici disposti simmetricamente lungo l'asse maggiore, come è visibile nella figura.

Il vapore, se generato alla superficie, è guidato alla pompa sotterranea per mezzo di tubazioni di ferro rivestite di coibenti: Si può ritenere che il peso γ in chili d'acqua condensata per m.^{2} di tubazione ben protetta d'isolante, sia dato dalla formula:

$\gamma = 0.575 \sqrt[3]{p}$ dove p è la pressione in atmosfere del vapore.

499. *Pompe ad acqua compressa.* — Le pompe sotterranee possono evidentemente azionarsi con macchine a colonna d'acqua. Supponiamo di avere, come s'incontra nell'Harz, la galleria di scolo ad una profondità minore di quella cui si trovano i lavori. Dell'acqua condotta dalla superficie sul fondo della miniera, potrà agire in un motore a colonna d'acqua che comanda delle pompe e sollevare sè stessa e l'acqua della miniera fino alla galleria di scolo. Si utilizza in questo caso, la maggior pressione della colonna d'acqua discendente in confronto a quella che vien sollevata.

Un tale risultato si può però ottenere anche dove mancano le condizioni favorevoli di una caduta d'acqua. Si può sempre, infatti, installare alla superficie un compressore che comprime l'acqua che deve scendere in miniera alla pressione necessaria per sollevare, attraverso la pompa, sè stessa e l'acqua della miniera ad un livello determinato. L'acqua che così si fa discendere al motore, si solleva generalmente nella stessa tubazione della pompa, oppure —

se conviene tenerla separata — in una tubazione distinta. Questa disposizione è necessaria quando non conviene che le acque della miniera per essere fangose od acide, circolino nei motori: in questo caso una stessa quantità d'acqua motrice funziona indefinitamente per trasmettere la forza.

500. Schematicamente (fig. 183) un impianto di pompe di questa natura si può figurare con due cilindri P e P^1 le cui capacità sono poste in relazione con due condotte. Uno dei cilindri P è motore,

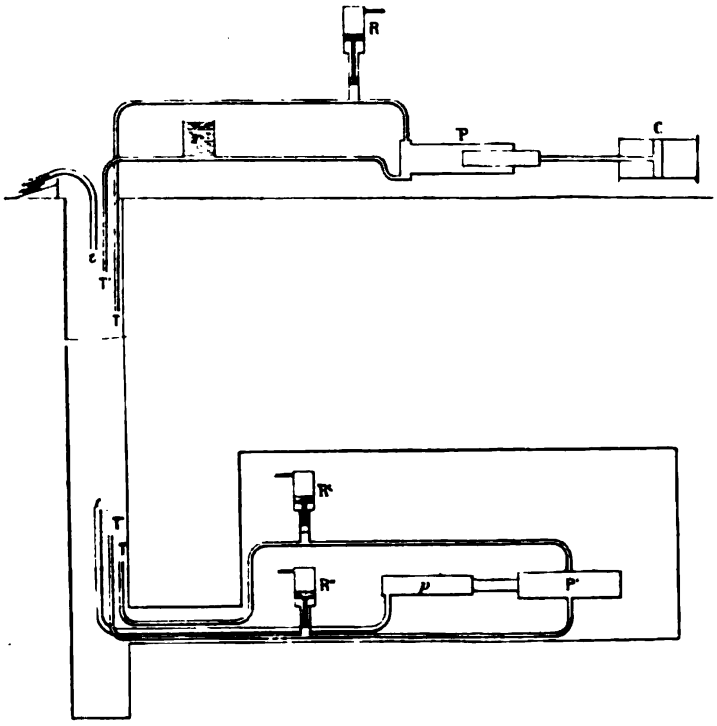


Fig. 183.

aspira dal serbatoio r e comprime l'acqua sulle faccie dell'altro cilindro, P' che sarà quindi ricevente. Il primo cilindro è in relazione col motore a giorno; il secondo è invece collegato colla pompa p posta nella miniera.

L'acqua compressa, dopo che ha agito in P', è spinta a scaricarsi nel serbatoio r, da dove è aspirata dalla pompa comprimente P ed inviata nella relativa condotta T. Dei regolatori di pressione R, R', R'' sono intercalati sulle condotte: essi funzionano come accumulatori.

La pompa Moore è di questo tipo: essa fu verso il 1884 in-

stallata in parecchie miniere della Scozia, per prevalenze minori di 150 metri, ma bentosto, coll'introduzione dei tubi d'acciaio senza saldatura del Mannesmann, la compressione dell'acqua potè salire a 250 ÷ 300 atmosfere e le pompe ad acqua compressa servono oggi per eduzioni importanti e profonde.

L'installazione comporta a giorno delle pompe differenziali destinate a comprimere l'acqua motrice, la quale viene lubrificata discioglendovi della vasellina: La pompa sotterranea è comandata da un motore del tipo a colonna d'acqua, convenientemente modificato per agire alle forti pressioni dell'acqua compressa.

Le pompe Kaselousky e Haniel & Lueg sono di questo sistema.

Una pompa Kaselousky, installata alla miniera di carbone Pluto in Wesfaglia, solleva 2500 litri d' acqua al minuto ad oltre 500 metri, battendo 20 colpi doppi al minuto: ad Altendorf una pompa dello stesso sistema solleva 14 m.^{3} d'acqua con una prevalenza di 400 metri.

Altre pompe Haniel e Lueg sono installate nelle miniere di Cockerill ed alla miniera di Rhein Preussen: quest'ultima solleva 2500 litri d'acqua a 450 metri con un rendimento del 68 %.

Le pompe di questi tipi possono funzionare anche sommerse; richiedono poco spazio per l'installazione e non riscaldano l'ambiente. Esse sono poi particolarmente indicate per le forti prevalenze che non permettono la condensazione del vapore. In alcune miniere furono appunto installate delle pompe Kaselowsky per eduzioni superiori a 600 ÷ 700 metri (miniere Graf Schwering ed Hansa).

L'installazione di queste pompe profonde non presenta difficoltà, come pure riesce facile la posa lungo il pozzo delle tubazioni dell'acqua compressa, che hanno sempre diametri inferiori ad 8 ÷ 10 centimetri: solo la sistemazione dei giunti, che debbono mantenersi senza perdite d'acqua sotto le pressioni rilevanti di 200 ÷ 300 atmosfere, offre difficoltà speciali, che però furono vinte.

La struttura organica delle pompe mosse idraulicamente ad alta pressione è semplice: esse si muovono con velocità relativamente moderata, e quindi operano in condizioni meccanicamente buone. Solo l'usura degli organi delle pompe comprimenti l'acqua, e di quelli del motore della pompa sotterranea è notevole per la grande pressione dell'acqua motrice. Sono quindi frequentemente necessarie le sostituzioni dei pezzi che più facilmente si consumano.

Infine in queste installazioni, per evitare i colpi d'ariete lungo

le condotte dell'acqua compressa, si stabiliscono gli accumulatori-regolatori all'entrata ed all'uscita dell'acqua sia nelle pompe comprimenti della superficie come nel motore sotterraneo.

501. *Pompe ad aria compressa.* — Le installazioni di pompe di qualche importanza mosse coll'aria compressa sono affatto eccezionali, perchè non economiche. Alle miniere di carbone di Marihaye (Belgio) fu installata molti anni fa dalla ditta Francois e Dubois una pompa senza stantuffo ad impulsione pneumatica. In una miniera pure del Belgio esiste forse ancora una pompa ad aria compressa di 100 cavalli di forza.

502. *Pompe elettriche.* — Le pompe mosse elettricamente sono chiamate ad una estesa applicazione nei lavori minerari, sopratutto in quelle miniere dove esistono centrali elettriche per distribuzione della forza. La facilità della posa dei conduttori, il poco spazio richiesto dall'installazione sotterranea, che di più non riscalda l'ambiente, rappresentano altrettanti indiscutibili vantaggi delle installazioni elettriche in confronto di quelle con vapore. Inoltre devesi notare che il rendimento del sistema di trasmissione è coll'elettricità più alto che col vapore per quanto le relative tubazioni siano accuratamente rivestite di sostanze coibenti. La posa dei conduttori armati sotto piombo lungo il pozzo non presenta le difficoltà della posa delle condotte d'acqua ad alta pressione o di vapore. Infine l'installazione complessiva per pompe elettriche costa in generale meno che un'analoga installazione di pompe ad acqua compressa od a vapore.

Mentre l'applicazione dell'elettricità alle pompe in miniera è relativamente antica (1880), le installazioni importanti d'eduzione delle acque dalle miniere datano solo da pochi anni. Numerosissime furono invece in passato le applicazioni dell'elettricità a piccole pompe di miniera: il rendimento dell'impianto in tali casi non aveva importanza pel risultato che si voleva ottenere.

L'introduzione dei motori a corrente alternata tolse i pericoli che potevano nascere per le scintillazioni negli ambienti con grisou, ove naturalmente prima l'impiego dell'elettricità era proscritto, ed aprì così un nuovo campo all'applicazione dell'elettricità all'esauro delle acque in tutta una numerosa serie di miniere.

La principale difficoltà che però si presentava nell'impiego dei motori elettrici per forti eduzioni, consisteva nella grande sproporzione di velocità del motore elettrico e della pompa, che rendeva necessaria l'introduzione di organi riduttori della velocità, peggiorando meccanicamente e diminuendo il rendimento della installazione.

La riduzione di velocità era ottenuta con ruotismi, con vite perpetua o con cinghie o corde di trasmissione. Si ricorreva agli ingranaggi quando non si potevano aprire camere sotterranee vaste per le trasmissioni. Soventi il rocchetto era di bronzo e la ruota d'acciaio, oppure il primo d'acciaio e la seconda con denti di legno: molte volte anzichè denti diritti, s'impiegavano denti ad angolo ottuso (denti di White) che danno maggior dolcezza nel movimento, oppure rotismi multipli a denti elicoidali.

La riduzione di velocità con cinghia o con corde esige sempre un certo spazio fra il motore elettrico e la pompa, e malgrado che questo sistema non sia sempre conveniente nell'atmosfera umida delle miniere, pure è soventi e volontieri applicato, per la regolazione che la cinghia apporta nella trasmissione degli sforzi resistenti al motore. Molte volte alle cinghie si preferiscono le funi.

Le pompe in queste installazioni devono richiedere uno sforzo per quanto possibile costante al motore elettrico. Si usa pertanto accoppiare tre corpi di pompa a semplice effetto, comandati da uno stesso albero a tre colli d'oca, disposti a 120°, oppure due pompe differenziali combinate a 90°. Se gli scarti del lavoro resistente sono notevoli, si perfeziona l'impianto munendolo di volante.

Queste installazioni di pompe elettriche non sono però convenienti per eduzioni molto importanti per l'assorbimento rilevante di forza che richiede la riduzione di velocità.

503. In Wesfaglia quindi in parecchie installazioni si azionarono delle pompe relativamente veloci, direttamente con grandi motori elettrici che compivano solamente 60 ÷ 80 giri. Il costo di tali impianti è naturalmente rilevante. La vera soluzione si ebbe però solo quando si adottarono nelle pompe le valvole comandate molto ampie o multiple, in modo di avere una grande superficie libera con piccola alzata: così si evitarono gli urti che altrimenti nascevano quando la valvola ricadeva sulla propria sede e la pompa potè così assumere senza inconvenienti velocità notevoli.

Le pompe Ehrhardt e Sehmer hanno valvole di questo ultimo tipo, distribuite in numero di sei sopra una circonferenza con una valvola anche centrale. Le valvole sono guarnite di caoutchouc, guidate e comandate da spinte pure di caoutchouc: esse possono battere più di 200 colpi al minuto. Parecchie pompe sotterranee di questo tipo funzionano ottimamente anche presso noi.

Nelle sue pompe Riedler, già fin dal 1878, aveva applicato delle larghe valvole comandate, aumentandone così la velocità.

Nella fig. 184 è rappresentata appunto una pompa Riedler.

In seguito il prof. Riedler modificò la sua pompa differenziale ben nota applicando una valvola anulare d'aspirazione sullo stantuffo orizzontale, in modo che ne fosse comandata la chiusura dalla testa a ribordo di detto stantuffo al termine della sua corsa retrograda. Lo stantuffo tuffante presenta al solito due sezioni D, d: in realtà quindi vi sono due stantuffi tuffanti che agiscono nelle camere. Quando lo stantuffo di maggior diametro è penetrato nella camera relativa, esso avrà spostato un volume d'acqua $D\,L$ mentre lo stantuffo di diametro minore avrà generato un volume $d\,L$, in-

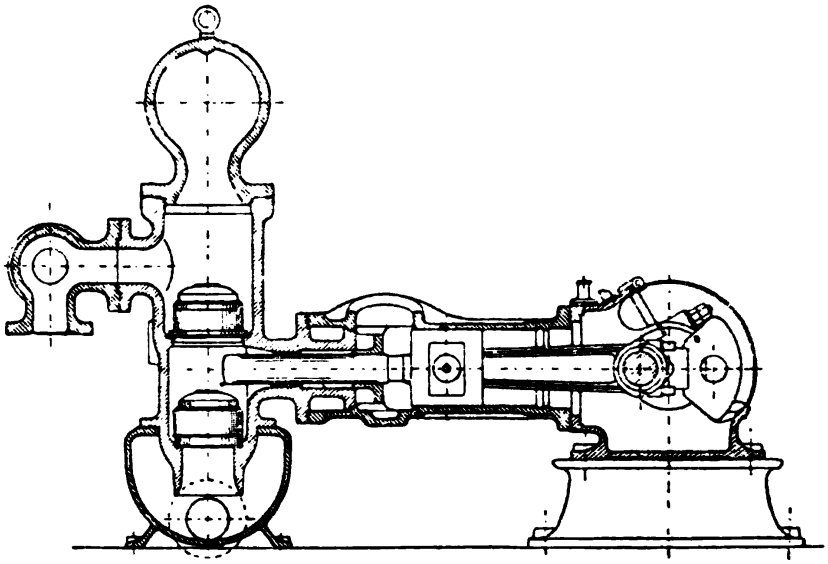


Fig. 184.

dicando con L la corsa dello stantuffo. Sarà quindi stato spinto nel tubo premente della pompa attraverso la valvola di ritenuta a corsa completa un volume $(D\text{-}d)$ di acqua. Il gioco di queste pompe è analogo a quello delle solite pompe differenziali, per cui è facile determinare le sezioni D e d in guisa che il volume d'acqua sollevato sia nelle due corse eguale. Negli ordinari tipi di pompe differenziali manca la valvola anulare ed in luogo esiste inferiormente alla camera la valvola d'aspirazione, attraverso la quale entra l'acqua da sollevare come nella fig. 184.

Nella pompa Express invece, la valvola anulare è infilata come si disse, sulla testa dello stantuffo tuffante di maggior diametro, e quando detto stantuffo è al termine della sua corsa, per cui cessa l'aspirazione dell'acqua, esso stesso, mediante un risalto, spinge la

valvola contro la propria sede prima di incominciare la compressione dell'acqua affluita nella camera della pompa.

Queste pompe, che compiono 200 ÷ 300 giri al 1', sono direttamente accoppiate a grandi motori elettrici in qualche installazione di Germania.

504. L'avviamento di queste pompe, quando i motori sono montati sopra una rete di distribuzione, richiede un reostato avviatore e si compie a vuoto, mettendo in comunicazione la camera d'aspirazione con quella di compressione. Serve all'uopo un apposito rubinetto che poi gradatamente chiuso, innesca la pompa e cioè mette in carico progressivamente il motore.

Per le correnti trifasiche, che sono generalmente quelle che alimentano le reti di distribuzione, si può anche per la messa in movimento adottare la disposizione Boucherot, che permette una coppia d'avviamento che può fin essere doppia della normale. Nei motori Boucherot, costruiti dalla ditta Bréguet, si hanno due induttori di eguali dimensioni, montati uno a fianco dell'altro e racchiusi in un unico inviluppo. Uno degli induttori è fisso di posizione, mentre l'altro può rotare per rispetto al primo di un certo angolo *(décalage)*. Dei conduttori flessibili assicurano le connessioni degli avvolgimenti. L'indotto è costituito da due armature, le quali corrispondono ai due induttori, ma le sbarre sono comuni alle due armature e sono riunite alle estremità da due anelli di rame e sulla metà, da un anello di argentana di grande resistenza.

All'avviamento l'induttore mobile è spostato per rispetto a quello fisso di un angolo corrispondente a mezzo periodo: nell'indotto si generano quindi delle correnti eguali e di senso opposto che si chiudono attraverso l'argentana, la quale costituisce quindi la resistenza d'avviamento. Aumentando la velocità del motore, si rimette l'induttore mobile alla sua posizione normale e diminuendo così lo sfasamento, le correnti dell'indotto si chiuderanno sugli anelli di rame terminali. Questi motori ebbero parecchie applicazioni nelle miniere ad Anzin, Montrambert, Carmaux in Francia, alla miniera Esperance nel Belgio, ecc.

505. Nelle installazioni molto importanti i motori delle pompe sono comandati da generatrici speciali installate a giorno. L'avviamento dei motori non presenta in questi casi difficoltà particolari.

506. Specialmente adatte alle installazioni elettriche sono le pompe centrifughe, le quali richiedono sempre velocità molto forti, di oltre 1000 giri, eguali soventi a quelle degli ordinari motori elettrici. L'accoppiamento diretto dei motori colle pompe centrifughe

è quindi normalmente impiegato. Le pompe centrifughe tuttavia non ebbero in passato applicazioni in miniera, perchè per la piccola prevalenza che offrivano, erano assolutamente insufficienti nella maggior parte dei casi per le eduzioni d'acqua che richiedono le miniere.

Da alcuni anni però sorsero per merito della casa Sulzer e di altre ditte, numerose centrifughe ad alta pressione, ottenute accoppiando più ruote di pompe centrifughe su uno stesso albero, in un unico corpo di forma conveniente, mediante un apparecchio direttore, opportunamente studiato, in modo che l'acqua che esce da una ruota va senza notevoli perdite ad alimentare la ruota successiva. In questo modo molta parte della velocità dell'acqua, all'uscita delle ruote ad elica, si trasforma in pressione.

Mentre le antiche centrifughe sollevavano l'acqua a $10 \div 12$ metri solamente, questi nuovi tipi multipli sollevano l'acqua anche a 500 metri d'altezza (miniera Prosper in Wesfaglia).

Essi quindi sembrano destinati a numerose applicazioni in miniera, specialmente nei casi di eduzioni importanti d'acqua.

Queste pompe segnarono anche un ritorno alle installazioni in ripresa lungo il pozzo. Alla miniera detta Horcajo, in Spagna, si stabilirono nel pozzo, profondo quasi 400 metri, tre pompe centrifughe multiple, collegate fra loro in altezza con tubi d'acciaio di 0,30. Ogni pompa è comandata direttamente da un motore trifasico e solleva quasi 5 m^3 d'acqua al $1'$. L'installazione presenta l'inconveniente di essere subordinata al funzionamento di diversi motori elettrici.

Il rendimento delle pompe centrifughe multiple raggiunge il 75 % quando il rapporto fra l'altezza di sollevamento in metri e i litri d'acqua sollevati al $1''$ è circa 4, condizione questa che pare la più favorevole.

507. Le pompe centrifughe multicellulari sono talvolta comandate da turbine a vapore: questi ultimi motori però, la cui velocità sorpassa 2000 giri, imprimono velocità angolari eccessive alle centrifughe che comandano direttamente, per cui l'aspirazione funziona irregolarmente, e diminuirebbe fortemente il rendimento della *turbopompa*, se non si provvedesse a nutrirla, ossia a metterla sotto carico, con una pompa ausiliaria, che generalmente è montata sullo stesso albero comandato dalla turbina a vapore.

Alcune turbopompe sono state costruite dalla ditta Sautter Harlé e da altre, per miniere. Una, ad es., è installata alla miniera di carbone di Czeladz in Polonia.

508. Prima di finire questo capitolo accenneremo alle difficoltà gravi che talvolta presentano le acque molto acide delle miniere, le quali rapidamente attaccano e corrodono non solo le valvole e i corpi di pompa, ma le tubazioni stesse che guidano l'acqua lungo il pozzo. Le acque delle miniere metallifere sono generalmente ricche di solfati metallici e si possono neutralizzare con calce: occorrono però bacini di deposito per il solfato di calce che si forma per la reazione, il quale, se non fosse sottratto all'acqua, potrebbe dar luogo ad incrostazioni nocive nelle pompe o nelle tubazioni.

Se le acque contengono solo solfati, mentre il ferro e la ghisa sono da esse attaccati, il bronzo resiste bene alla corrosione: soventi la ghisa resiste meglio del ferro, più attaccabile. Se le acque contengono solfuri o solfo libero, tutte le leghe a base di rame sono attaccate rapidamente, e si preferisce allora la ghisa. — Le guarnizioni nei corpi di pompa e nelle tubazioni più convenienti, sono di cuoio.

Si è cercato soventi di ovviare alla corrosione dei tubi, verniciandoli o smaltandoli internamente, o incatramandoli a caldo, ma non si ebbero sensibili vantaggi da tali pratiche: in alcune miniere, al luogo di tubazioni metalliche, s'adottarono condotti di legno, ottenuti forando dei tronchi d'albero.

CAPITOLO XVI.

Ventilazione

Generalità. — Aereazione naturale e senza macchine.
Ventilazione meccanica. — Ventilatori volumogeni - ventilatori centrifugi - Guibal - Ser - Rateau - Mortier - Manometri e anemometri.
Regole generali di ventilazione.

Generalità.

509. Il capitolo della ventilazione delle miniere non interessa in egual grado tutti i coltivatori. Le miniere, infatti, sviluppate nei filoni, negli ammassi, negli strati fortemente raddrizzati, possiedono in generale una sufficiente ventilazione. Non così, invece, accade nella coltivazione dei giacimenti stratificati, che si protendono con lunghe gallerie e con scavi pianeggianti fra le formazioni. — La ventilazione naturale, in questi ultimi casi, è quasi nulla; quindi è necessario provvedere all'invio nella miniera della quantità d'aria necessaria.

Il problema della ventilazione assume poi particolare importanza se nella miniera si svolgono gas pericolosi, poichè l'unico mezzo sicuro, che fino ad ora si ha a disposizione per combatterne i dannosi effetti, è quello di renderli inoffensivi, diluendoli in una conveniente quantità d'aria. — La ventilazione delle miniere con grisou ha quindi grande importanza e possiede una completa letteratura.

Indipendentemente dagli sviluppi di gas pericolosi, vi sono molteplici cause che inquinano l'ambiente della miniera, rendendolo irrespirabile, e che esigono pertanto che l'aria delle gallerie e delle coltivazioni sia continuamente rinnovata per assicurare ai minatori un ambiente di lavoro che risponda nel miglior modo alle necessità fisiologiche della vita.

Non soltanto una buona ventilazione nelle miniere è reclamata da spirito di umanità, perchè interessa la salute e la longevità dei minatori, ma essa è anche suggerita dal tornaconto economico, poichè è indiscutibile che il rendimento dell' operaio è sempre funzione delle condizioni dell'atmosfera in cui respira e lavora.

510. Dal punto di vista fisiologico occorre considerare la *temperatura* e la *composizione* dell'atmosfera della miniera.

La temperatura dei lavori sotterranei dipende dall'altezza delle masse superiori di ricoprimento e dalla natura delle roccie che si attraversano, oltrechè da altre cause accidentali, come circolazioni termali prossime agli scavi, ossidazione spontanea di carboni, di piriti, ecc.

La temperatura del terreno, come è noto, cresce colla profondità in ragione del *grado geotermico* (e cioè dal numero di metri che occorrono verticalmente nel suolo per aver l'aumento di temperatura di 1°). Il grado geotermico varia da regione a regione e può variare da giacimento a giacimento. Così nella Sassonia il grado geotermico è di circa 55 metri, come è pure stato riconosciuto al Cenisio ed al Gottardo; a Schemnitz (Ungheria) di 41 metri, ad Anzin di 20, ecc. Naturalmente queste cifre rappresentano medie di osservazioni.

L'aumento di temperatura dei lavori, dovuto alla profondità alla quale essi si trovano, può creare difficoltà solo per le miniere molto profonde. Nell'apertura dei tunnels alpini l'influenza delle masse superiori di ricoprimento, di grande altezza, sulla temperatura dei lavori fu notevole, benchè il grado geotermico si sia riscontrato piuttosto elevato.

La natura litologica dei terreni che si attraversano, ha influenza sulla temperatura dei lavori. Alcuni ritengono che, ad esempio, gli schisti cristallini abbiano una conducibilità minore degli strati sedimentari: i filoni che attraversano schisti cristallini presentano normalmente una elevazione di temperatura assai meno rapida colla profondità, che gli strati di carbon fossile compresi in formazioni sedimentarie. — I fenomeni termali hanno grande influenza sulla temperatura dell'ambiente, nei lavori dove si manifestano. Così al Comstok-Lode, nelle miniere di piombo della Sierra Almagrera, ecc. le temperature sono assai elevate. Infine, evidentemente, la combustione del carbone, dello solfo, delle piriti, i lumi degli operai, le mine che si sparano, la traspirazione degli operai ed il calore che essi emanano, concorrono in forte proporzione a riscaldare l'ambiente della miniera.

Malgrado le molteplici cause che innalzano la temperatura nelle miniere, alla maggior profondità attuale dei lavori non si manifesta ancora alcuna necessità di provvedere a refrigerare l'ambiente. Ed avviene solo in alcuni casi, quando lavorano delle perforatrici ad aria compressa, che l'espansione dell'aria di scarico delle perforatrici, produce una refrigerazione dell'ambiente, usufruita dagli operai addetti al lavoro.

Se i lavori minerari raggiungeranno la profondità di 2000 metri, allora sarà necessario provvedere a raffreddare l'ambiente, ed il miglior mezzo che per ora sembra indicato, sarà l'impiego dell'aria liquida.

511. *Temperatura alla quale possono lavorare gli operai.* — In qualche caso eccezionale gli operai lavorano a temperature di 47° centigradi col soccorso di grandi precauzioni igieniche. A temperature notevolmente inferiori il lavoro riesce però già assai penoso. Sopratutto quando il grado idrometrico dell'aria è elevato, si soffre negli ambienti caldi: Se l'aria è umida, già a 25° il lavoro riesce oltremodo faticoso; a 30° è quasi intollerabile e l'uomo non resiste che lavorando a periodi assai brevi. Temperature superiori di qualche grado in ambienti saturi di vapor d'acqua, riescono pericolose e possono provocare svenimenti, congestioni, ecc.

Come esempi di condizioni assai gravi del lavoro, si citano le coltivazioni di Yellow Jacket Sharf nel Comstock, dove gli operai lavorano per mute di 10 minuti con un totale di 2 ore al giorno di lavoro utile.

512. *Composizione dell'atmosfèra nelle miniere.* — L'aria atmosferica, che come è noto contiene in volume 79 % di azoto e 21 % di ossigeno, stagnando nelle miniere, altera la sua composizione per perdita di ossigeno e per mescolanze d'altri gas.

La respirazione degli uomini e dei cavalli, le lampade d'illuminazione, l'ossidazione del carbone, delle piriti, dei legnami, assorbono evidentemente dell'ossigeno libero dell'aria, che trasformano quasi completamente in acido carbonico o che fissano in piccola porzione allo stato di solfato (solfatizzazione delle piriti).

L'aria disossidata al punto di essere inservibile alla vita, prende nelle nostre miniere il nome di *forza*. Essa è più densa dell'aria ordinaria a parità di temperatura, e quindi si raccoglie nelle parti basse degli scavi. Respirata dà luogo all'asfissia. — Essendo impropria a mantenere la combustione, la sua presenza negli scavi è rivelata ai minatori dalla lampada ad olio, la cui fiamma nella *forza* s'impiccolisce o si spegne. — L'aria con 6 % d'azoto più del nor-

male è impropria alla respirazione, mentre le lampade si spengono con un eccesso del 4 % d'azoto più del normale: così pure mentre l'aria è asfissiante se contiene l'8 % di acido carbonico, le lampade tenute in movimento si spengono se la proporzione raggiunge il 4 %. La lampada del minatore offre quindi un sicuro mezzo di esplorazione per constatare la presenza della forza nei cantieri.

L'aria delle miniere può essere inquinata da altri gas, oltre che dall'acido carbonico che nasce per i fenomeni di ossidazione già elencati: Gli esplosivi che si impiegano nella miniera, danno evidentemente luogo a sviluppi di gas che viziano l'ambiente: Generalmente essi non producono assorbimento d'ossigeno, perchè lo contengono già nei componenti della quantità necessaria alla reazione completa d'esplosione, ma generano dell'ossido di carbonio, dell'acido cloridrico, dell'anidride solforosa, dell'acido carbonico, ecc., gas tutti dannosi all'economia animale. Sopratutto le esplosioni incomplete viziano l'ambiente.

Inoltre ben più importanti, come cause d'inquinamento dell'aria di molte miniere, sono gli sviluppi di gas, che possono essere pericolosi perchè venefici od asfittici o perchè, mescolati coll'aria, si rendono esplosivi.

Fra i primi si annoverano l'idrogeno solforato e l'anidride solforosa, che si sviluppano nelle solfare di Sicilia e che sono causa di intossicazioni e di asfissia degli operai.

Questi gas per la loro grande solubilità, soventi saturano le acque stagnanti delle solfare, dalle quali poi si sprigionano in modo pericoloso quando le acque stesse, per cause accidentali, sono poste in movimento.

Al Comstock-lode, a Stassfurt, ecc. si ebbero pure emanazioni letali di idrogeno solforato, mentre emanazioni di anidride solforosa si verificarono in alcune miniere di California.

L'azoto come aria fossile disossigenata, si sviluppò eccezionalmente in qualche miniera di carbon fossile (Lens).

L'acido carbonico, che soventi s'incontra nelle solfare *(rinchiuso)*, diede frequentemente luogo a emanazioni nelle miniere metallifere di Mazzarron (Spagna), di Pontgibau (Francia), nell'isola di Man, ecc.: Nelle miniere di carbone diede luogo a degli sviluppi violenti a Zancheroda (Sassonia), Brassac e Bessèges (Francia), ecc.

L'acido carbonico e l'ossido di carbonio sono poi prodotti della combustione degli scoppi di polveri nelle miniere di carbone: È noto che molte sostanze, che nelle condizioni ordinarie sono

combustibili, ridotte in polveri sottili, per la enorme superficie che allora presentano alla ossidazione, diventano esplosive. Le polveri di carbone, se sospese nell'aria o per una ventilazione troppo energica delle miniere o per altra causa, possono dar luogo a mescolanze esplosive per la combustione propagata da una fiamma. I disastri dovuti al pulviscolo di carbone furono frequenti in alcune miniere della Vesfaglia, per cui disposisizioni locali di sicurezza prescrissero gli inaffiamenti regolari delle miniere, appunto per evitare il sollevamento del polverino.

Fra i gas esplosivi delle miniere si annovera il gas delle paludi, che si sviluppa nelle solfare, in parecchie miniere di sale, di petrolio, in alcune cave di calcari, di asfalto, nelle miniere di ozocherite di Boryslaw in Galizia, in alcune di stagno di Cornovaglia, ed altrove.

513. Fra tutti gli sviluppi di gas delle miniere i più temuti però per le conseguenze talvolta terribili che possono apportare, sono quelli di *grisou*.

Il grisou è proprio delle miniere di carbon fossile (antracite, litantraci, ligniti) ma talvolta si manifesta anche nelle solfare di Sicilia, in qualche miniera di sale, ecc.

Non tutte le miniere di carbone sono però con grisou: Il grisou pare abbondi di preferenza nei carboni antichi, specialmente nelle varietà grasse. È però indubitato che la presenza del grisou nei giacimenti di carbone dipende specialmente dalle condizioni stratigrafiche, che ne permisero la conservazione o ne favorirono il disperdimento.

Il grisou è costituito essenzialmente da metano CH^4 (il gas illuminante è $C^2 H^4$ ed il gas dei petroli $C^2 H^6$). Esso mescolandosi all'aria in proporzione maggiore al 6 % e minore del 17 %, diventa esplosivo con un massimo di violenza pel 12 %. — La densità del grisou è circa $0.6 \div 0.7$; esso quindi è più leggiero dell'aria e si annida preferibilmente nelle parti alte degli scavi.

514. Il grisou non è velenoso: in proporzione del 33 % nell'aria è asfittico; è leggermente solubile nell'acqua; brucia con fiamma bleuastra, e mescolato nell'aria in proporzione compresa fra il $3 \div 6$ % dà un'aureola bleuastra alla fiamma, assai ben conosciuta dai minatori: « la fiamma accusa il grisou ».

Il grisou dei giacimenti di combustibili provenne dalla decomposizione delle materie vegetali: esso rimase racchiuso nei combustibili, o nelle roccie porose che li comprendono, talvolta sotto fortissime pressioni; così alcune misure fatte nel Belgio, relative alla pressione del grisou, accusarono anche 42 atmosfere.

Il grisou può trovarsi disseminato nei pori della massa di carbon fossile, dalla quale si sviluppa in modo regolare o normale quando essa è attaccata dai lavori. — Talvolta questo svolgimento di grisou dal carbone è accompagnato da crepitio: si dice allora che il *grisou canta*. In alcune miniere dei bacini di Saarbrück e di Aix-la-Chapelle lo sviluppo di grisou in miniera ammonta a 60 m^3 per tonnellata di carbone che si estrae. — Altre volte il grisou è chiuso in serbatoi sotterranei, e si rivela coi lavori minerari o sotto forma di *soufflards*, soffi che durano magari dei mesi, o dando luogo a sviluppi violenti, simili a esplosioni di grandi masse di gas.

In alcuni bacini carboniferi, come nell' Hainaut (Belgio), Bessèges e S. Etienne (Francia), si ebbero parecchie importanti manifestazioni di questo ultimo genere.

Il grisou si sviluppa dai carboni anche dopo che furono estratti dalla miniera, specialmente se freschi: Nelle stive delle navi carboniere è infatti pericoloso accedere con lumi.

515. La ventilazione delle miniere deve essere condotta in modo: *a)* di assicurare agli operai l'aria ossigenata necessaria alla loro economia, malgrado tutte le cause di disossigenazione e di inquinamento dell'ambiente delle miniere che abbiamo enumerate; *b)* di assicurare una temperatura nei cantieri che non sia debilitante per gli operai; *c)* di rendere inoffensivi i gas che si sviluppano nella miniera, diluendoli in una quantità conveniente di aria pura.

La quantità d'aria che deve circolare nelle miniere si calcola in ragione degli operai e dei cavalli che si trovano nel cantiere più numeroso, oppure, nelle miniere con grisou, in base al numero delle tonnellate di carbone estratte. Nelle miniere molto profonde è maggiore la quantità di aria attribuita alla ventilazione che in quelle non molto profonde, perchè la ventilazione deve anche rinfrescare in certa misura l'ambiente.

La razionale determinazione della quantità d' aria che deve circolare nella miniera, dovrebbe essere fatta in modo che all'uscita essa non contenga più di 1.5 % di acido carbonico (Commissione Prussiana) o del 0.5 % di grisou (Le Châtelier). Evidentemente però questo modo di determinazione, che richiede l' esperimento della ventilazione e l'analisi chimica, non è nella pratica generalmente adottato.

Come regola empirica si può ritenere che nelle miniere siano necessari per l'aereazione $1 \div 2$ metri cubi d'aria per operaio (mu-

nito di lampada) e per minuto primo. Se la miniera è molto sana, cioè se non vi sono cause speciali d'inquinamento dell'aria, si può anche scendere a 0.5 m^3 per minuto. Se invece la miniera è con grisou, la quantità d'aria deve essere aumentata e portata a $4 \div 5$ m^3 per minuto.

Nelle miniere con grisou del Belgio e della Francia la quantità d'aria che deve circolare è variabile fra 30 e 100 litri al secondo per tonnellata di carbone estratta nelle 24 ore. Questi dati riguardano l'aria che deve effettivamente passare nei cantieri e non semplicemente quella che si introduce dai pozzi.

L'aria fresca che penetra in miniera, deve mescolarsi e diffondersi nel miglior modo con quella che vi stagna, affinchè quest'ultima sia continuamente rinnovata. È inoltre necessaria tale mescolanza, perchè la ventilazione riesca un mezzo efficace di protezione contro il grisou, che deve diffondersi nella massa d'aria in proporzione non maggiore di 1 %. La velocità conveniente dell'aria nelle gallerie è circa m. $1 \div 2{,}50$ al 1″. Questa velocità promuove anche la traspirazione cutanea nei minatori, dando nei posti caldi una piacevole impressione di fresco. Tuttavia è conveniente di non far eccedere la velocità, sia per evitare affezioni bronchiali ai minatori, come per evitare che le lampade non funzionino regolarmente, il che, per quelle di sicurezza, può creare dei gravi pericoli.

Le correnti d'aria troppo veloci hanno l'inconveniente inoltre di sollevare la polvere, sia nelle miniere di carbone come nelle solfare, se non si provvede a mantenerla bagnata.

516. **Aereazione naturale.** — L'aereazione naturale è quasi sempre sufficiente nelle miniere che si sviluppano con lavori comunicanti e collocati a notevoli dislivelli fra loro, come generalmente accade nei filoni, negli strati raddrizzati e negli ammassi.

La temperatura e i pesi specifici diversi dell'aria esterna e di quella dei sotterranei, combinati colle altezze differenti delle colonne gassose che si trovano nelle varie parti della miniera, danno come risultante il movimento, in un determinato senso, della massa gassosa attraverso la miniera, per cui dell'aria esterna penetra e circola nei sotterranei, mentre l'aria inquinata esce dai pozzi e dalle gallerie superiori della miniera, che sboccano a giorno. Generalmente l'aria pura discenderà da un pozzo, percorrerà le gallerie e le coltivazioni, e resa, principalmente pel riscaldamento meno densa, guadagnerà le parti alte della miniera, per uscire all'esterno da un pozzo di ventilazione.

Nella ventilazione naturale il senso del movimento dell'aria è

determinato dalla differenza che corre fra la temperatura dei sotterranei e quella esterna. Se col mutare delle stagioni tale differenza cambia di segno, si avrà un'inversione nel senso della corrente in miniera. Prima di verificarsi l'inversione, la temperatura esterna necessariamente passerà per un certo valore, pel quale la ventilazione in miniera rimane annullata. Le oscillazioni della temperatura attraverso tale valore daranno luogo ad altrettanti rovesciamenti nel senso della ventilazione della miniera.

Ciò è assai pericoloso nelle miniere con grisou, nelle solfare, ecc. dove, cioè, è assolutamente necessario che i gas pericolosi seguano per uscire una determinata via, e che non invadano i cantieri dove lavorano gli operai.

L'aereaggio naturale, che in questi casi offre pericoli, lo si fa coesistere con una ventilazione artificiale sufficientemente potente per impedire ogni accidentale inversione nel movimento dell'aria nelle gallerie, e per mantenere, comunque siano le condizioni climateriche, la ventilazione nella miniera.

517. *Aereazione senza macchine.* — L'aereazione senza mezzi meccanici è ottenuta in alcune miniere d'Inghilterra e della Wesfaglia con *focolari*, stabiliti nella base del pozzo di ventilazione che serve d'uscita dell'aria. Questo sistema dà risultati soddisfacenti nel caso si tratti di ventilare delle miniere che presentano una piccola resistenza e che richiedono grandi volumi d' aria. Il pozzo deve essere asciutto e l'aria che proviene dalla miniera deve essere poco umida per ottenere un buon effetto utile dall'installazione. In passato si soleva sospendere nel pozzo una benna di ferro a traliccio, che conteneva del carbone incandescente. Questo sistema ora non è più applicato: si installano invece alla base del pozzo d'aspirazione delle griglie a grande superficie, sulle quali si abbrucia uno strato poco spesso di carbone. L'aria è così riscaldata a $40^{\circ} \div 50^{\circ}$. In Inghilterra alcune griglie di focolari d'aereazione misurano $20 \div 30$ ed anche 80 mq. di superficie.

Se si tiene conto della grande quantità di carbone che i focolari consumano, questa ventilazione termica riesce più onerosa che se fosse ottenuta meccanicamente. L'installazione però è assai economica e della massima semplicità, e permette, quando la miniera ha poca resistenza, di far circolare volumi enormi d'aria.

I focolari d'aereazione non sono evidentemente applicabili nelle miniere con grisou: In questi casi si alimentano i focolari con aria presa da cantieri senza grisou o condotta dall'esterno, e si immettono i gas caldi nel pozzo d'aereazione solo quando sono completamente combusti.

Tuttavia in Inghilterra i focolari agiscono anche in alcune miniere notoriamente inquinate da grisou senza la precauzione accennata precedentemente: Il grisou però trovasi in tali miniere diluito in grande eccesso di aria.

In qualche caso fu utilizzato nei pozzi il vapore di scarico di motrici per promuovere la ventilazione, come si usa nelle locomotive per il tirante forzato. In qualche altro caso il vapore servì in iniettori d'aria, ma con assai scarso rendimento. Tuttavia gli iniettori Koerting, poco costosi e rapidamente installati, sono degli utili apparecchi di soccorso nelle miniere che non richiedono grandi quantità d'aria. Essi possono somministrare infatti $10 \div 15$ m³ al 1″ con $80 \div 100$ mm. di pressione.

Applicazioni più numerose, ma tuttavia sempre modeste, ricevettero le cadute d'acqua, che s'incontrano nelle miniere, per promuovere ventilazioni, specialmente localizzate a determinati cantieri: l'acqua in questi casi agisce in specie di iniettori, o più raramente in trombe a caduta, analoghe a quelle idroeoliche degli antichi alti forni. In qualche pozzo di miniera, nel quale si fanno strada delle venute d'acqua, queste furono utilizzate nella caduta per cooperare alla ventilazione dei lavori.

Ventilazione meccanica.

518. Gli apparecchi meccanici che servono a ventilare le miniere, possono generare una pressione od una depressione motrice: Nel primo caso essi insoffieranno dell'aria pura nella miniera, mentre nel secondo caso aspireranno l'aria viziata.

I ventilatori soffianti a parità di lavoro mandano nella miniera un peso d'aria maggiore di quello aspirato dai ventilatori deprimenti, perchè l'aria compressa, avendo a parità di peso un volume minore di quella rarefatta, circolerà nelle gallerie con una velocità minore e quindi minore sarà la forza viva applicata, che corrisponde al lavoro speso: essi dunque dovrebbero essere meccanicamente preferiti.

Ma siccome è sempre piccola la pressione o la depressione motrice necessaria per la ventilazione della miniera, il vantaggio meccanico della compressione si riduce ad assai poca cosa, e per i motivi che diremo, si preferisce sempre alla ventilazione per compressione quella per aspirazione.

Poichè la ventilazione artificiale deve cooperare con quella

naturale, e cioè quella essere diretta nel medesimo senso di questa, ne segue che la ventilazione comprimente esigerebbe l'installazione del ventilatore sopra il pozzo più profondo della miniera, dal quale scende naturalmente l'aria esterna: ma è precisamente a questo pozzo che convergono i materiali da estrarsi, ed il ventilatore, che richiede una chiusura alla bocca del pozzo, si dovrebbe quindi installare sul pozzo d'estrazione con gravissimo incaglio di questo importante servizio.

Il ventilatore aspirante, invece, si installa sul pozzo d'uscita dell'aria inquinata: rimane quindi libero il pozzo d'estrazione, e questo è un vantaggio così rilevante, che fa sempre preferire il ventilatore aspirante a quello premente per l'aereazione delle miniere.

Solo in casi affatto speciali servono nelle miniere ventilatori comprimenti, e così ad es. quando covano nella miniera degli incendi sotterranei, alimentati dall'aria che penetra da fratture del suolo, come succede in qualche miniera di carbon fossile o di solfo: la ventilazione aspirante, ossia con depressione, avrebbe evidentemente il grave inconveniente di attirare i prodotti della combustione nelle gallerie.

Serve pure la ventilazione soffiante per mandare l'aria pura alle fronti di avanzamento delle gallerie che progrediscono a fondo cieco: In questi casi si impiegano piccoli ventilatori, capaci di $20 \div 30$ m^3 colla pressione di $100 \div 150$ m/m d'acqua, che s'installano ove vi ha aria pura. L'aria compressa è mediante condotti di lamiera di zinco o di legno portata alle fronti di avanzamento, da dove poi ritorna per la galleria, utilizzando così un condotto di sezione ampia, come infatti conviene siano i ritorni dell'aria inquinata che ha lambito i fronti d'abbattimento, la quale, pel riscaldamento subito, è dilatata.

Infine s'adottano talvolta i ventilatori soffianti quando è necessario stabilirli al fondo del pozzo per utilizzare entrambi i pozzi della miniera per l'estrazione del materiale.

519. La pressione motrice h, espressa in millimetri d'acqua, necessaria per far circolare colla velocità v il volume V metri cubi d'aria al 1″ in una galleria, è data dall'espressione

$$h = n \frac{L P v^2}{S}, \qquad (1)$$

dove $n = 0.0018$, coefficiente sperimentale, L è la lunghezza, P il perimetro e S la sezione della galleria, espressi in metri. La ve-

locità v è espressa da:

$$v = \frac{V}{S}$$

per cui si ha anche:

$$h = 0.0018 \frac{L\,P\,V^2}{S^3} \qquad (2)$$

La *miniera* si può assimilare ad un seguito di gallerie di varia resistenza: la pressione totale motrice $H = \Sigma h$ necessaria per far circolare il volume V di aria, sarà:

$$H = \Sigma\, 0.0018 \frac{L\,P}{S^3} V^2 \qquad (3)$$

e facendo:

$$R = \Sigma\, 0.0018 \frac{L\,P}{S^3},$$

si ha:

$$H = R\,V^2. \qquad (4)$$

Il valore di R, evidentemente, nel caso pratico di una miniera, non è calcolabile colla formula. — Si ricorre quindi all'artificio di comparare la miniera di cui si tratta, con un'altra scelta, dal punto di vista della ventilazione, come tipo.

520. Dalla (4) risulta che per una stessa miniera le pressioni variano come i quadrati dei volumi d'aria: Si può quindi, nota la pressione K motrice ed il volume V_k d'aria che passa nella miniera, determinare il volume V_1 che passerebbe per la pressione di 1 millimetro d'acqua.
Per la (4) sarà:

$$V_1 = \frac{V_k}{\sqrt{K}}.$$

Questo rapporto fu detto dal Guibal *temperamento della miniera:* Esso rappresenta la ventilazione della miniera col confronto di una *miniera tipo*, che dà 1 m³ d'aria per 1 mill. di pressione.

Se in una regione mineraria — nella quale i giacimenti che si coltivano sono analoghi fra loro — si determinano per parecchie miniere ben ventilate i *temperamenti* relativi, misurando, cioè, i volumi d'aria che si muovono e le relative pressioni motrici, si avranno dei numeri semplici, che oscillano attorno ad un centro comune. Così fu verificato che nel Belgio, dove la resistenza delle mi-

niere è piuttosto forte per causa degli strati di carbone sottili e tormentati che si coltivano, il temperamento è circa 3.

Per ventilare una miniera di quella regione, si potrà assumere per il temperamento un valore analogo: Il problema di determinare H è allora risolvibile, perchè si fissa così la resistenza della miniera: Effettivamente, stabilendo ad es. per temperamento 3, si dice in altre parole che deve circolar nella miniera il volume V d'aria in condizioni tali che se la pressione scende ad un millimetro, attraverso la miniera dovranno passare 3 metri cubi d'aria.

Dall'espressione: $H = RV^2$, per $V = 1$, $h = R$ e cioè la pressione necessaria per far circolare un metro cubo d'aria, rappresenta la resistenza della miniera. Se questa ha temperamento 3, perchè circoli un metro cubo d'aria, occorrerà la pressione R data dall'equazione:

$$1 : R = 3^2 : 1^2$$

da cui:

$$R = \frac{1}{9}.$$

Supponiamo ora di voler mandare nella miniera 30 m³ d'aria al 1″: la pressione motrice sarà, sostituendo nella $H = RV^2$ i rispettivi valori:

$$H = \frac{1}{9} \times 30^2 = 100 \text{ mm. d'acqua.}$$

521. Murgue definisce invece la resistenza della miniera in altro modo, e cioè determinando la superficie di un orificio aperto in parete sottile, dal quale per la pressione H della miniera, passa un volume V d'aria eguale a quello che passa nella miniera.

Tale orificio, equivalendo alla miniera per ciò che riguarda la resistenza che offre al passaggio dell'aria, poichè sotto la stessa pressione dà lo stesso volume d'aria, prende il nome di *orificio equivalente della miniera.*

Se S indica la superficie di detto orificio, la superficie della sezione contratta della vena fluida sarà μS, dove μ, come è noto, è precisamente eguale a 0.65. La velocità d'efflusso nella sezione contratta sarà quindi: $v = \sqrt{2 g h}$, dove h misura, in metri di colonna d'aria, la pressione sulla sezione contratta. Ma poichè l'aria della miniera ha densità 1,2 mentre l'acqua ha densità 1000, si può scrivere:

$$h \times 1{,}2 = k\ 1000$$

k indicherà quindi in millimetri d'acqua la pressione della colonna

h d'aria di densità 1,2

$$h = \frac{k}{1.2};$$

per cui:

$$v = \sqrt{2g\frac{k}{1.2}}.$$

La quantità Q d'aria che effluisce dall'orificio equivalente sarà:

$$Q = 0.65\, S \sqrt{2g\,\frac{k}{1.2}} = 2.63\, S\sqrt{k};$$

da cui si ricava l'orificio equivalente:

$$S = 0.38\,\frac{Q}{\sqrt{k}}. \qquad (5)$$

Si vede che l'orificio equivalente S di una miniera è 0.38 il temperamento della stessa miniera.

Togliendo a prestito il concetto nostro di *modulo* idraulico, si vede che l'orificio equivalente della miniera finisce per esprimere in *certi moduli* la ventilazione della miniera, dando così un'immagine sensibile della stessa, assai comoda nei ragionamenti.

Murgue, partendo dalla misura dell'orificio equivalente, ha diviso le miniere in *larghe*, *medie* e *strette*, secondochè l'orificio equivalente risulta maggiore, eguale o minore di un metro quadro.

In Inghilterra le miniere misurano 3, 4 e più metri d'orificio equivalente ed esse quindi sono larghe, mentre nel Belgio e nel nord della Francia, misurando generalmente meno di un metro, sono strette.

Stabilendo l'orificio equivalente che devono avere le miniere di una data contrada, riesce facile calcolare la pressione necessaria per far circolare un certo volume d'aria in una miniera *di struttura* analoga.

Supponiamo di voler mandare in una miniera con 1.14 d'orificio equivalente, 30 m³ d'aria al 1″. Avremo, detta x la pressione:

$$0.38\,\frac{30}{\sqrt{x}} = 1.14$$

da cui:

$$x = 100 \text{ mm. d'acqua.}$$

522. Dalla (5) si ha

$$k = 0.14 \left(\frac{Q}{S}\right)^2,$$

e moltiplicando per Q

$$k\,Q = 0.14\,\frac{Q^3}{S^2}.$$

Ma $Q \times k$ rappresenta il lavoro di compressione necessario per far circolare il volume Q attraverso la miniera. Tale lavoro, come vedesi, è quindi proporzionale al cubo del volume d'aria. Se, ad es., si vuole raddoppiare la quantità d'aria che deve passare nella miniera, il lavoro L che si dovrà spendere sull'albero della della macchina, diverrà otto volte maggiore.

Detto quindi $L = Q\,k$
si avrà:

$$8.L = 8,Q\,k = 2\ Q \times 4\,k$$

e cioè per raddoppiare il volume Q, la depressione k dovrà quadruplicarsi. In molti casi pratici converrà invece diminuire la resistenza della miniera coll'ingrandire la sezione dei pozzi e delle gallerie.

In generale si può ritenere come regola pratica che quando non si estraggono dalla miniera tanti metri cubi di aria quanti sono i cavalli utili che si spendono nella ventilazione, conviene migliorare la costituzione della miniera, e cioè ingrandire specialmente i ritorni di aria.

La velocità dell'aria nelle gallerie deve essere minore di metri 2.50 per evitare malattie ai minatori, per assicurare il buon funzionamento delle lampade e per impedire il trascinamento delle polveri: si può ammettere la velocità massima di metri 4 nei pozzi.

523. **Ventilatori.** — Vi sono due categorie di ventilatori: *volumogeni* e *centrifugi*. I primi, come lo dice il nome, generano delle capacità nelle quali si accoglie l'aria inquinata della miniera che viene portata a disperdersi nell'atmosfera: i secondi, pel movimento di rotazione di una ruota a pale, determinano invece una depressione verso il centro della ruota, che provoca l'aspirazione dell'aria della miniera.

È evidente che l'azione delle due categorie di ventilatori è ben diversa: I ventilatori volumogeni espellono ad ogni giro uno stesso volume d'aria, qualunque sia la pressione a cui l'aria si trova: i ventilatori centrifugi invece espellono l'aria a pressione

costante ma — in relazione alla resistenza variabile della miniera — in volumi differenti.

I ventilatori volumogeni oggi hanno ceduto il posto a quelli centrifugi, che sono di installazione più semplice, domandano minor spazio, ed offrono il vantaggio che, migliorando il temperamento della miniera, aspirano una quantità notevolmente maggiore d'aria.

524. **Ventilatori volumogeni.** — Le pompe a valvole e le viti idropneumatiche, che furono applicate in passato alla ventilazione di alcune miniere, costituivano dei ventilatori volumogeni che oggi sono completamente in disuso. Persistono invece in alcune miniere delle grandi pompe rotative, note coi nomi di ventilatori Fabry, Lemielle e Root, nelle quali l'aria della miniera viene convenientemente racchiusa in capacità e successivamente immessa all'esterno.

La potenzialità dei ventilatori Fabry è di $10 \div 12$ m³ d'aria al 1″. Sopra uno stesso pozzo quindi s'installano, quando occorre, più ventilatori di questo tipo. Questi ventilatori sono costituiti da due ruote ad asse orizzonte a tre ali radiali ognuna, che si muovono in senso inverso con eguale velocità: ogni ala è munita a $^2/_3$ del raggio, a partire dal centro, di un settore normale al raggio stesso. Gli assi delle ruote sono disposti parallelamente fra loro ad una distanza tale che l'ala di una ruota viene nel movimento a disporsi fra le due dell'altra. I tre piani allora combaciano coi bordi fra loro e generano una capacità chiusa. Le due ruote a pale sono collegate cinematicamente con ruote dentate, e si muovono fra murature in modo che l'aria della miniera arriva alla parte inferiore dell'apparecchio e ne è espulsa superiormente. Con questi ventilatori il volume d'aria espulso è proporzionale al numero dei giri delle ruote, ma essendo queste di circa 1,80 di diametro, la velocità di rotazione non oltre passa 35 giri al 1′.— Dovendosi installare sul pozzo due ventilatori eguali, devesi tener presente che non si raddoppierà il volume d'aria estratto: per avere un volume d'aria doppio, occorrerebbe infatti che i due ventilatori quadruplicassero la depressione nella miniera.

525. L'antico ventilatore Lemielle era ad asse verticale e consisteva in una sorta di grande prisma a sei faccie che rotava eccentricamente in una camera cilindrica, munita di due fenditure longitudinali: Alle faccie del prisma erano applicate specie di ventole, per cui nel movimento esse lambivano la parete della camera e generavano ed annullavano così delle capacità, che si aprivano o si chiudevano rispettivamente in corrispondenza alle fenditure. Questo apparecchio nelle sue ordinarie dimensioni dava $15 \div 20$ m³

d'aria al 1': Esso occupava un grande spazio ed era assai costoso d'installazione e di esercizio. Oggi è completamente abbandonato.

Il ventilatore Roote è a tutti noto: Per la sua piccola potenzialità raramente serve in miniera, mentre che per la forte pressione cui può comprimere l'aria, riceve numerose applicazioni negli apparecchi metallurgici.

526. **Ventilatori centrifugi.** — Pel progetto di massima di un ventilatore occorre anzitutto fissare le condizioni cui deve soddisfare, sia in marcia normale come in caso di accidente. In marcia normale il ventilatore deve dare il miglior effetto utile possibile, ed in caso d'accidente deve essere capace, col massimo di velocità, di raggiungere la pressione necessaria per ristabilire l'aereazione nella miniera.

Molte volte nelle miniere di carbone può riuscir utile la possibilità d'invertire l'azione del ventilatore: Così si è soventi verificato dopo qualche colpo di fuoco, l'inversione nella direzione della corrente d'aria, e quindi il ventilatore invertibile, facilita assai il lavoro di salvamento, coadiuvando potentemente la nuova ventilazione naturale che si stabilì nella miniera. — Non tutti i ventilatori si prestano però all'inversione nel movimento, ma tutti quanti possono essere installati in modo che semplici ventole, disposte sui condotti d'aria, rendano possibile di invertire il senso della corrente nella miniera.

In parecchie installazioni coesistono due ventilatori, uno aspirante e l'altro premente, disposti in modo di potere, quando occorre, agire l'uno o l'altro per aumentare o diminuire la pressione in miniera, oppure col gioco combinato di ventole poste sui condotti d'aria, agire entrambi favorevolmente in caso di accidente.

Il *rendimento dinamico*, ossia l'effetto utile del ventilatore, è dato dal rapporto fra il lavoro utilizzato e quello trasmesso dal motore; il primo è dato dal prodotto del volume V' d'aria per la depressione h; il secondo è misurato coll'esperienza diretta.

Naturalmente il rendimento diminuisce coll'aumentare delle resistenze meccaniche del ventilatore e di quelle che esso offre al passaggio dell'aria: I movimenti turbinosi dell'aria fra le palette e la velocità che possiede l'aria all'uscita del ventilatore, rappresentano pure del lavoro perduto, che si cerca sempre di rendere minimo colla razionale costruzione degli apparecchi.

Il *rendimento manometrico* dei ventilatori è dato dal rapporto fra la depressione h realmente misurata alla bocca di aspirazione del ventilatore, e quella teorica, che si calcola in funzione della ve-

locità tangenziale della ruota a palette. Questa depressione teorica H, detto d il peso di un metro cubo d'aria della miniera, e g l'accelerazione di gravità è:

$$H = \frac{d\ w^2}{g}$$

dove w è la velocità tangenziale del ventilatore, espressa in metri al secondo. Essendo $d = 1.20$ e $g = 9.81$ si ha:

$$H = 0.13\ w^2$$

per cui il rendimento manometrico

$$R_m = \frac{h}{0.13\ w^2}$$

Infine il *rendimento in aria* del ventilatore è dato dal rapporto fra il volume generato dalla ruota ed il volume d'aria effettivamente dato dal ventilatore.

Accenneremo ad alcuni ventilatori centrifugi più noti.

527. *Ventilatore Guibal.* — Questo ventilatore, introdotto verso il 1855 nelle miniere, fu uno dei primi razionalmente concepiti.

Sopra un albero orizzontale è montata una ruota di più metri di diametro, larga un paio di metri e costituita da otto o più pale, di lamiera di ferro o di legno. Queste pale sono dirette *radialmente*, verso la periferia, incurvandosi alquanto verso l'asse, secondo superfici cilindriche che diventano tangenziali al cilindro generato dalla rotazione, a breve distanza dall'asse. Attorno alla corona del ventilatore vi è l'inviluppo *concentrico*, il quale si apre per un quarto della circonferenza, svasandosi ed adducendo in un camino, pure largamente svasato, che prende il nome di *tromba*. Lo scopo della tromba, introdotta dal Guibal, è di annullare la forza viva dell'aria che esce dal ventilatore, aumentandone così il rendimento manometrico.

Per la costruzione propria di questo ventilatore, si vede che l'aria compresa fra due pale consecutive, compressa contro la periferia dell'apparecchio per oltre i $\frac{3}{4}$ della rotazione, sfugge poi per la tromba nell'ultimo quarto del percorso: Il ventilatore Guibal in marcia dà, infatti, una serie di colpi sonori caratteristici.

Il ventilatore Guibal fu costrutto con diametri anche di 15 m. ma per il grande peso della ruota, il rendimento meccanico diminuiva notevolmente, per cui, in seguito, non si sorpassarono

8 ÷ 10 metri. La costruzione è semplice e robusta, e la velocità che non oltrepassa in generale 80 giri, garantisce il buon funzionamento dell'apparecchio, che non richiede notevoli spese di manutenzione.

Il ventilatore Guibal è munito di una larga valvola, la quale permette di regolare l'uscita dell'aria nella tromba, ed ottenere così il maggior rendimento possibile manometrico.

Il rendimento manometrico di questi ventilatori è soventi 0.80: il rendimento meccanico 0.50 ÷ 0.60.

Le curve caratteristiche dei ventilatori Guibal mostrano che detti rendimenti non variano notevolmente per variazioni anche forti dell'orificio equivalente della miniera, in prossimità di certi valori. I ventilatori Guibal sono particolarmente adatti per miniere larghe.

Oggi l'inviluppo concentrico al ventilatore è abbandonato, e si preferisce, al luogo di una superficie d'inviluppo cilindrica, adattare una superficie spiraloide, che permette all'aria di sfuggire dalla ruota in tutti i punti della sua circonferenza. Questo inviluppo a voluta fa capo alla tromba e può essere calcolato in modo di produrre un rallentamento nella corrente d'aria, concorrendo così nell'effetto utile della tromba.

Nella fig. 185 è rappresentato un ventilatore Guibal modificato nel senso detto, di 6 metri di diametro. Al centro della tavola si vede la sezione longitudinale del ventilatore mentre a destra si trova quella trasversale. Alla sinistra della tavola è visibile in elevazione il distributore dell'aria aspirata dalla miniera.

Alle grandi dimensioni usate in passato per le ruote dei ventilatori, che importavano velocità angolari relativamente moderate, successero ruote di diametro limitato a tre metri, animate invece da forti velocità.

Evidentemente, essendo la portata d'aria di un ventilatore proporzionale al prodotto della velocità angolare per il raggio, si può, senza variare la portata, aumentare il primo fattore e diminuire in relazione il secondo.

528. *Ventilatore Ser.* — Il ventilatore Ser data dal 1878. Esso è simmetrico per rispetto ad un piano normale all'asse passante per la mezzaria del ventilatore: presenta due ingressi laterali dell'aria in corrispondenza dell'asse ed i filetti fluidi sono guidati nel movimento da due superfici coniche a generatrici curve in modo che entrano nel ventilatore secondo l'asse e sono poi diretti normalmente ad esso fra le ali del ventilatore. Le basi dei

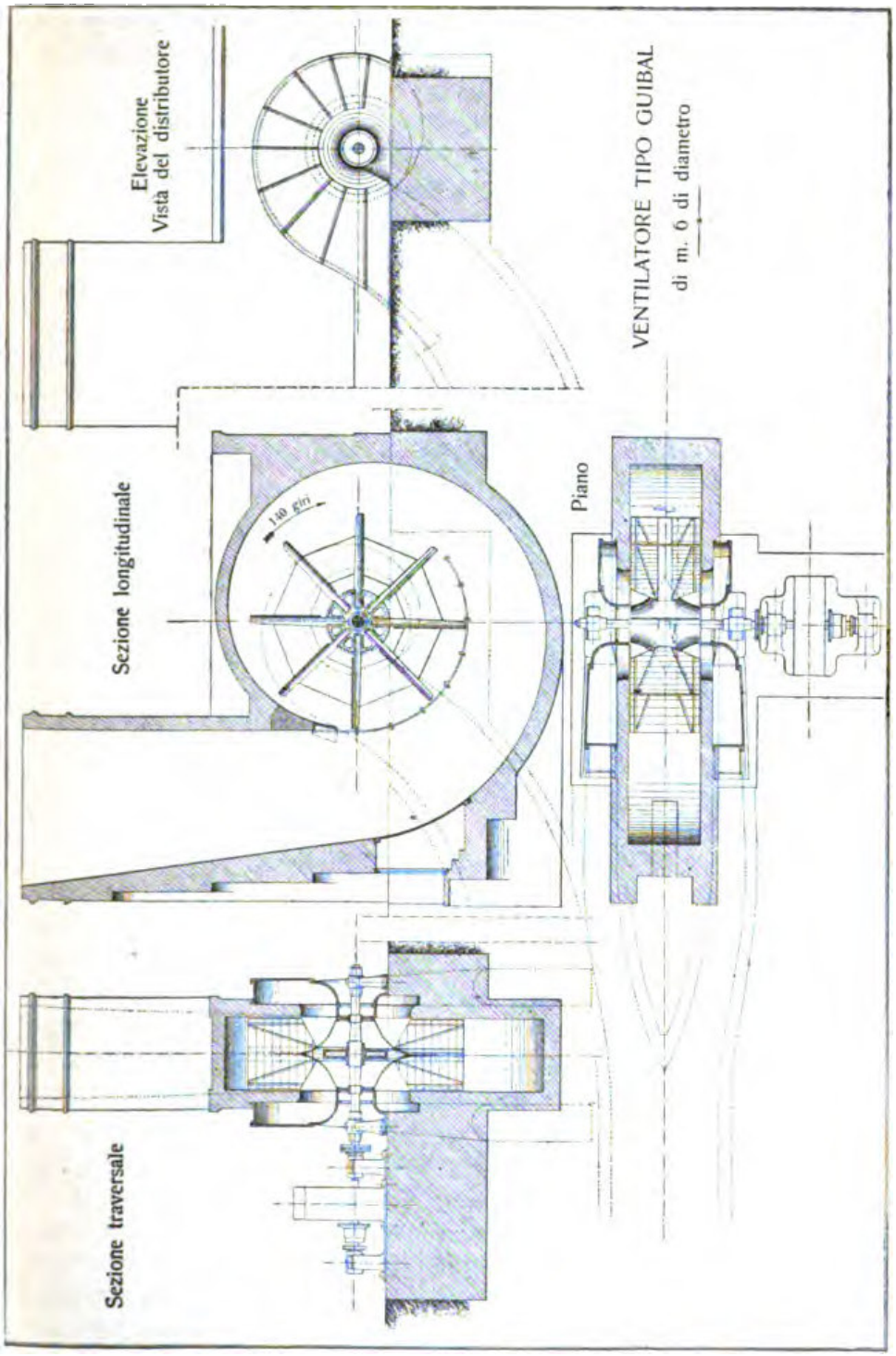

VENTILATORE TIPO GUIBAL
di m. 6 di diametro
Elevazione
Vista del distributore
Sezione longitudinale
140 giri
Piano
Sezione traversale

Fig. 185.

due coni direttori sono accollate fra loro sopra un diaframma che divide la ruota del ventilatore in due ruote distinte, accoppiate fra loro in quantità.

Le alette del ventilatore nascono ad una certa distanza dall'asse di rotazione: esse sono incurvate dai fabbricanti in diverso modo, sempre però in avanti nel senso del movimento. Secondo le variazioni delle distanze che corrono fra ogni aletta e la successiva, le ali stesse si allargano e si restringono in modo di mantenere con sezione conveniente i canali individuati fra le stesse alette, ed evitare così i movimenti turbinosi dell'aria attraverso il ventilatore.

L'incurvamento in avanti delle alette ha lo scopo di aumentare il rendimento manometrico del ventilatore.

Questi ventilatori sono racchiusi in inviluppi a voluta, la cui sezione libera aumenta, man mano, proporzionalmente all'aumento del volume d'aria immesso nell'inviluppo, dalla ruota del ventilatore nel suo movimento.

Il potere manometrico di questo ventilatore è assai elevato e soventi raggiunge e oltrepassa l'unità: il rendimento meccanico è però in generale inferiore a quello dato dai Guibal.

Le piccole dimensioni dei ventilatori Ser, come di molti congeneri, ne rendono semplice ed eventualmente rapida l'installazione.

Per il loro potere manometrico elevato questi ventilatori convengono particolarmente alle miniere strette. Il rendimento meccanico è generalmente inferiore a $0.50 \div 0.60$.

529. Più recenti sono i ventilatori con palette elicoidali, nei quali l'ingresso dell'aria si compie da una sola parte dell'apparecchio. I filetti d'aria sono dolcemente diretti, dalla forma stessa delle palette, a muoversi in un piano normale all'asse di rotazione del ventilatore, senza dar luogo ad urti nè a movimenti turbinosi. Per ottenere la graduale deviazione dei filetti d'aria, le palette hanno un certo sviluppo nel senso dell'asse del ventilatore, e quindi il piano che corrisponde all'uscita dell'aria dal ventilatore è spostato per rispetto al piano cui corrisponde l'ingresso dell'aria stessa nel ventilatore. In questi ventilatori si evita un gruppo di resistenze passive e precisamente quelle che si presentano all'ingresso dell'aria nei precedenti apparecchi.

Ventilatore Rateau. — Questo ventilatore, che data dal 1889, possiede $24 \div 30$ palette di lamiera, che presentano una superficie particolarmente studiata. Esse sono economicamente ottenute stampandole sopra una matrice e sono montate sopra un albero

che sporge in falso da un robusto sopporto. L'aria è accompagnata al piede delle palette da un invito conico. Lungo le palette conico-elicoidali i filetti d'aria sono convogliati senz'urto nei canali creati fra le palette, in modo che la velocità dell'aria va gradatamente aumentando durante il movimento. A questo scopo si restringe opportunamente la larghezza della paletta verso la corona esterna.

L'aria che viene abbandonata dalle palette, le quali sono, al solito, opportunamente incurvate in avanti nel senso del movimento, non penetra direttamente nella voluta, ma passa prima in una camera anulare che circonda il ventilatore.

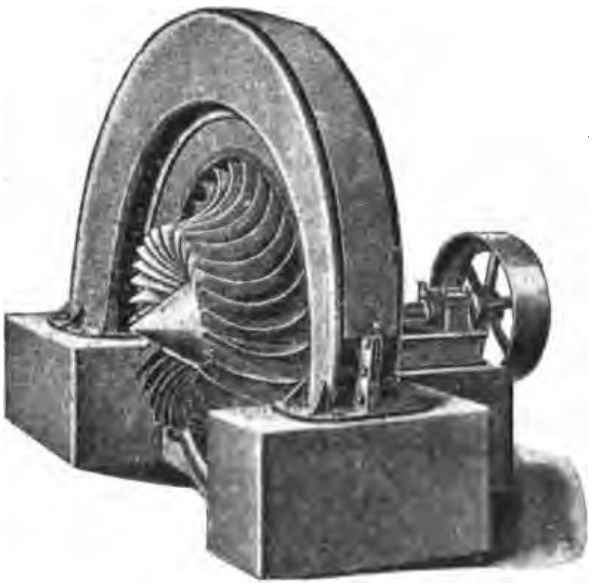


Fig. 186.

Effettivamente l'aria che sfugge dal ventilatore possiede una certa velocità ed una certa direzione, diverse da quelle che animano l'aria che si muove lungo la voluta: se l'incontro delle due correnti fosse diretto, si avrebbero degli urti pregiudizievoli al rendimento dell'apparecchio. L'aria quindi, che sfugge dalla ruota, prima di arrivare alla voluta che inviluppa l'apparecchio, attraversa uno spazio ottenuto con due superfici coniche anulari, disposte di seguito alle pareti che racchiudono la ruota del ventilatore. Queste superfici determinano una capacità che va svasandosi verso la periferia, e quindi l'aria che l'attraversa, rallenta la propria velocità ed arriva alla voluta esterna con velocità minore, per mescolarsi coll'aria che percorre la voluta per recarsi alla tromba.

Queste parti dei ventilatori, che servono a smorzare la velocità d'uscita dell'aria dalla corona, prendono il nome di *smorzatori*. Nel ventilatore Rateau abbiamo quindi uno smorzatore a disco (questi smorzatori furono introdotti da Rittinger) a cui fa seguito lo smorzatore a voluta e quello a tromba. L'accoppiamento dello smorzatore a dischi con quello a voluta, prende anche il nome di smorzatore compound (Rateau).

La parte fissa del ventilatore Rateau è per la metà inferiore costrutta in muratura e nella metà superiore di lamiera.

Il potere manometrico di questi ventilatori è assai elevato, così pure è alto il rendimento meccanico. La costruzione è piuttosto complicata e l'installazione costosa.

In alcuni tipi più recenti il ventilatore Rateau fu semplificato e reso meno costoso, sacrificando però alquanto il rendimento.

Dalle curve caratteristiche dei Rateau si osserva che essi convengono specialmente per miniere strette e che il rendimento diminuisce con una certa rapidità se l'orificio equivalente della miniera scarta notevolmente da quello per cui il ventilatore fu calcolato.

530. *Ventilatore diametrale Mortier.* — Questo ventilatore forma un tipo a sè e differisce dai precedenti perchè l'aria, anzichè essere aspirata lungo l'asse della ruota, è aspirata da un'apertura praticata nell'inviluppo cilindrico del ventilatore, attraversa il ventilatore e per la solita forza centrifuga è poi dalle palette lanciata nella tromba ammortizzatrice, che s'apre diametralmente opposta all'ingresso dell'aria nel ventilatore. Il ventilatore Mortier agisce quindi per metà con azione centripeta, inviando cioè l'aria aspirata dalla periferia verso il centro della ruota e per metà con azione centrifuga, inviando l'aria alla periferia dell'apparecchio.

Il ventilatore è costituito da un disco montato sul proprio asse che porta dalle due faccie, a guisa di corona, delle numerose palette. La forma delle palette è tale che si presentano alla periferia fortemente piegate nel senso del movimento della ruota, e con direzione radiale verso l'interno della corona. La ruota gira fra due pareti piane, che chiudono lateralmente il ventilatore, e sulla corona dell'inviluppo sono praticate due aperture diametralmente opposte: l'una è in relazione colla miniera, l'altra colla tromba smorzatrice. La parte interna della ruota non è completamente libera, ma due lamiere, fissate alle pareti laterali dell'inviluppo, chiudono per un certo tratto la circonferenza interna della ruota. Accade quindi che girando il disco, funzionano due ventilatori, ognuno costituito da una corona di palette. Questa, nel suo movimento, dall'apertura d'aspirazione convoglierà verso l'asse del ventilatore i filetti fluidi; l'aria sarà poi espulsa lungo le palette della stessa corona dalla parte diametralmente opposta, e sfuggirà nella direzione della tromba smorzatrice per disperdersi nell'atmosfera.

Per poter ben adattare questo ventilatore all'orificio equivalente della miniera, il tratto d'inviluppo che corre fra l'orificio d'ingresso

e quello d'uscita dell'aria lungo la corona della ruota, dalla parte percorsa dall'aria, è spostabile parallelamente a sè stesso. Una nuova corrente d'aria può così essere trascinata dalla ruota nel suo movimento ed il ventilatore è quindi adattabile a delle miniere con orificio equivalente man mano più largo.

I rendimenti manometrico e meccanico di questi ventilatori, quando sono bene adattati all'orificio equivalente della miniera, sono molto elevati e superiori rispettivamente a 95 e 80 %.

531. **Calcolo preventivo di un ventilatore.** — Nota la quantità Q d'aria che deve circolare nella miniera, e stabilito a priori l'orificio equivalente S, si calcola la pressione motrice h colla formula:

$$h = 0.14\left(\frac{Q}{S}\right)^2$$

Nota la depressione motrice, si calcola la velocità w che dovrà avere alla periferia la ruota del ventilatore coll'espressione:

$$w = 2.86\sqrt{\frac{h}{R_m}}$$

w dovrà essere per ragioni meccaniche inferiore a 40 m. Qualora non lo fosse, converrà scegliere un ventilatore con un rendimento manometrico più elevato.

Detti μ e μ' i rendimenti meccanici del ventilatore e del motore, la forza T in cavalli-necessaria per la ventilazione sarà:

$$T = 0.14\,\frac{Q^3}{S^2}\cdot\frac{1}{75\,\mu_1\mu}$$

532. Per sperimentare i ventilatori è necessario misurare le depressioni ch'essi determinano ed il volume d'aria che aspirano dalla miniera.

Misure di questo genere sono correntemente necessarie per verificare le condizioni d'areazione delle singole parti della miniera, e le eventuali variazioni di resistenza che essa offre. Tutte le indicazioni relative alla ventilazione della miniera sono registrate nei piani e registri di ventilazione, tenuti al corrente da appositi impiegati. In tali piani sono segnate la direzione e la ripartizione delle correnti, i volumi d'aria che transitano nei vari cantieri, le velocità delle correnti.

Le pressioni o le depressioni dell'aria si misurano coi *manometri*. Questi apparecchi sono costituiti da un tubo a U parzialmente pieno d'acqua, di cui un ramo è in comunicazione coll'at-

mosfera della miniera e l'altro coll'esterno. Se l'acqua del manometro è sottratta all'azione dinamica dell'aria in movimento, il manometro segnerà la depressione statica, altrimenti accuserà la depressione dinamica. Questi manometri sono però di grossolana approssimazione a causa specialmente della difficoltà delle letture che presenta il menisco.

Un manometro meno inesatto è quello costituito da un recipiente a larga sezione, che forma uno dei rami dell'apparecchio, comunicante inferiormente con un tubo, che sale inclinato, e che rappresenta l'altro ramo del manometro. In questo caso le letture lungo il tubo inclinato risultano più facili, perchè gli spostamenti della colonna misurano maggior ampiezza: esse devono dividersi pel seno dell'angolo d'inclinazione del tubo per rappresentare la depressione vera.

Vi sono parecchi manometri a galleggiante, nei quali la depressione è segnata da un ago che si muove su un quadrante; alcuni sono anche registratori, e la costruzione è analoga a quella degli apparecchi che servono nelle officine a gas.

Infine per misure delicate furono perfezionati alcuni manometri in modo di renderli di straordinaria precisione — di questo tipo è ad es. il manometro a menisco di Le Chatelier.

533. La determinazione dell'aria che circola in un dato punto della miniera, si compie misurando esattamente una sezione di passaggio e la velocità che l'aria possiede nella sezione stessa.

La misura della velocità dell'aria si eseguisce in diversi modi: Può servire per misure grossolane il fumo che si ottiene con un po' di polvere: Lungo un tratto di galleria un esperimentatore in un dato istante brucia un po' di polvere, mentre un secondo esperimentatore, posto a qualche distanza dal primo, determina il tempo che impiega il fumo a compiere il percorso fra i due esperimentatori. Se nella miniera v'ha del grisou, si fa un'analoga esperienza con una sostanza volatile ed odorosa, ad esempio, spezzando una fialetta di etere: il tempo che impiega il vapor d'etere per giungere al secondo sperimentatore permette di misurare la velocità dell'aria nel tratto di galleria.

Si può anche determinare la velocità della corrente d'aria, percorrendo in senso inverso la galleria, con velocità tale che una fiamma si mantenga verticale: la velocità di traslazione sarà evidentemente eguale alla velocità dell'aria.

Per determinazioni più esatte servono degli strumenti speciali detti *anemometri*. S'impiegano correntemente per le misure della

velocità dell'aria nelle miniere diversi tipi di anemometri: Uno dei più diffusi per la sua semplicità e praticità è l'anemometro ad alette di Biram. Questo anemometro, come tutti i congeneri, è costituito da una ruota ad alette di ottone, di ebanite o di alluminio, la quale sotto l'azione della corrente d'aria ruota attorno al proprio asse, che è in relazione con un contagiri che si può far scattare od arrestare a piacimento. L'apparecchio ha 25 cm. di diametro e le indicazioni che offre, sono sufficienti per le misure ordinarie nelle miniere. Un apparecchio analogo, ma più preciso, è quello del Casartelli.

Gli anemometri ad alette richiedono velocità d'aria generalmente maggiori di m. 0.40-0.50 al 1" per dare indicazioni attendibili. Il numero di giri della ruota, contati in uno o due minuti, dà direttamente la velocità della corrente d'aria, valendosi di un coefficiente di correzione che è determinato sperimentalmente per ogni apparecchio.

Altri anemometri sono pendolari e la corrente d'aria devia dalla sua posizione normale o un piccolo pendolo o una lamina incastrata ad un estremo: nel primo caso la forza antagonista è la gravità, nel secondo l'elasticità della lamina. L'anemometro Dickinson è del primo tipo, quello Le Châtelier, che porta come lamina elastica una striscia di carta, è del secondo.

Questi strumenti sono assai più sensibili dei precedenti. Le letture sono possibili però solo per velocità d'aria uniformi e costanti, altrimenti le continue oscillazioni dell'indicatore dello strumento rendono le determinazioni affatto incerte.

Servono sopratutto questi anemometri per rivelare le variazioni che subisce la velocità dell'aria in una data sezione della galleria e per verificare s'essa oltrepassa il valore massimo o scende sotto il minimo che deve avere.

Per rendere maggiormente visibile la lettura manometrica, questa viene talvolta amplificata, servendosi di parecchi tubi del Venturi: Questi sono ottenuti saldando assieme per le basi minori due tubi conici, di cui uno con conicità meno accentuata e più lungo dell'altro. Si verifica allora che nella sezione contratta del condotto, essendo la velocità dell'aria massima, si ha la pressione minima. Se si dispongono parecchi di questi tubi di Venturi uno dentro l'altro in modo che l'estremo di ognuno di questi tubi cada nella sezione contratta di quello di diametro immediatamente maggiore, si ottiene nella sezione contratta del tubo che si trova all'interno di tutti gli altri, una depressione assai forte, che è facilmente reperibile sul manometro che accompagna lo strumento.

Così mentre una velocità di 3 metri dà luogo ad una depressione di $\frac{v^2}{2g}\delta = 0.55$ mill., con l'inserzione di tre tubi Venturi, posti nel modo dianzi detto uno dentro l'altro, la depressione nella sezione contratta sale a 28 mill.

Il manometro può evidentemente essere graduato in modo da dare, al luogo della depressione, immediatamente la velocità dell'aria. Murgue pel primo e in seguito Fuess e Bruyn costrussero dei *volumometri*, applicando il principio di determinare la velocità della corrente d'aria nella galleria, misurando la pressione motrice che ne promuove il movimento. Murgue dà la relazione seguente,

$$h = Kv^2$$

dove :

$$K = \frac{\beta}{g}\,\frac{P\,L}{S}$$

534. La taratura degli anemometri ad alette deve essere fatta di sovente: Essa si compie facendo muovere con velocità uniforme lo strumento nell'aria stagnante. Siccome però le determinazioni fatte in questo modo sono sempre inferiori a quelle che si ottengono nella misura delle velocità dell'aria, si tiene conto della differenza, moltiplicando queste ultime per un coefficiente di correzione che è circa 0,88. La differenza dei risultati delle misure fatte a pari velocità sotto l'azione della corrente d'aria o per la traslazione dell'apparecchio, sta nel fatto che non essendo rigorosamente costante la velocità dell'aria, questa dà delle impulsioni al mulinello che ne fanno aumentare la velocità. (1)

La misura della velocità dell'aria nelle gallerie è compiuta dagli operatori nelle sezioni opportunamente scelte dalle gallerie stesse, sospendendo con fili lo strumento e comandandone lo scatto ad una certa distanza, in modo da non restringere colla persona la sezione di passaggio dell'aria che serve all'esperimento.

La velocità dell'aria che passa per una sezione di galleria non è uniforme nell'ampiezza della sezione, nè varia solamente in relazione alla resistenza che oppongono al movimento le pareti: La distribuzione delle curve di eguale velocità dei filetti fluidi in una sezione di galleria è irregolare, e le irregolarità dipendono da molte

(1) La *Berggewerkschaftskasse* di Bochum fa queste tarature per gli apparecchi in uso nelle miniere di Wesfaglia.

circostanze, di cui è impossibile giustamente valutare gli effetti. Per quanto può farsi quindi si deve scegliere per le misure un tratto di galleria regolare, a sezione costante, e moltiplicare nella sezione le misure della velocità dei vari filetti d'aria, per farne poi la media ed ottenere così la velocità media dell'aria nella sezione.

Si può pertanto, nelle misure accurate, dividere la sezione della galleria geometricamente in diverse porzioni, e misurare per ognuna la velocità dell'aria; oppure, quando non è richiesta una grande esattezza, far muovere durante l'esperimento l'anemometro regolarmente nel piano della sezione, in modo che la lettura rappresenti già di per sè il valore medio della velocità dell'aria nella sezione considerata.

Regole generali per la ventilazione.

535. La distribuzione dell'aria nei lavori sotterranei deve essere condotta in modo da ventilare le gallerie ed i cantieri ove lavorano gli operai, ed inoltre, nelle miniere con sviluppi di gas nocivi, deve assicurare l'evacuazione continua del gas, per impedire ch'esso si accumuli nei vuoti sotterranei o si mescoli all'aria in proporzione tale da dar luogo a miscele pericolose. L'aria pura quindi deve percorrere le gallerie di traino, lambire le fronti di taglio dei cantieri d'abbattimento, circolare nei vuoti della miniera ove possono accumularsi gas mefitici od esplosivi, e per le vie di ritorno arrivare ai pozzi d'uscita per disperdersi, infine, nell'atmosfera.

La ventilazione della miniera è quindi strettamente dipendente dal metodo di coltivazione del giacimento: Quando nella miniera si sviluppano abbondanti gas pericolosi, il metodo di coltivazione deve soddisfare alla condizione essenziale di permettere la sicura ventilazione della miniera; quindi non tutti i metodi di coltivazione sono, ad esempio, applicabili alle miniere di carbone con grisou. La giudiziosa scelta del metodo di coltivazione facilita il compito di ventilare la miniera.

La ripartizione e la distribuzione della corrente gassosa nelle gallerie della miniera si ottiene mediante le *porte di ventilazione*, che sono collocate nei lavori ove occorre arrestare la corrente gassosa per obbligarla e seguire le vie che, presentando maggiore resistenza, non sarebbero evidentemente percorse dall'aria. Nello sviluppo dei lavori sotterranei si ha cura di rendere minimo il nu-

merò delle porte necessarie alla ventilazione, poichè esse creano sempre degli ostacoli al libero percorso delle gallerie e sono sempre causa, malgrado tutte le precauzioni, di un sensibile disperdimento dell'aria attraverso i lavori.

Le porte possono essere fisse o mobili: le porte fisse hanno l'ufficio di intercettare in modo sicuro la corrente: esse evidentemente impediscono la circolazione nelle gallerie, e s'installano quindi soltanto nei ritorni d'aria. Soventi esse sono munite di uno sportello, che può essere più o meno chiuso, ed allora le porte hanno la funzione di regolare la quantità d'aria che deve passare attraverso ad esse. Sono generalmente questi sportelli muniti di chiave, e tocca al sorvegliante dei lavori, regolarne convenientemente l'apertura: questa, nelle miniere con grisou, deve trovarsi nella parte superiore della porta, per evitare che il gas pericoloso, più leggero dell'aria, possa annidarsi verso la corona della galleria.

Lungo le gallerie di traino si collocano invece, ove occorrano, delle porte mobili, opportunamente montate sopra cardini, in modo che abbandonate a sè stesse si chiudono contro il quadro che le sostiene. In alcune regioni queste porte sono costrutte con molta cura, e chiudono contro una opportuna sede di caoutchouch allo scopo di assicurarne l'ermeticità. Le porte dovrebbero aprirsi in senso opposto alla direzione della corrente gassosa che si vuole arrestare, ma generalmente invece si aprono nel senso del percorso dei vagonetti che transitano nella galleria: lo stesso vagonetto, spinto dai manovali, apre la porta che deve varcare, che si chiude poscia di per sè alle spalle dei vagonisti.

Evidentemente l'impiego di una sola porta lungo le vie di traino, sarebbe causa di alterazioni nel regime delle correnti d'aria nei momenti in cui si trova aperta per permettere il passaggio degli operai o dei vagoni.

Si stabiliscono pertanto, dove è necessario assicurare la chiusura della galleria, delle porte coniugate, poste a una certa distanza l'una dall'altra in modo da costituire una bussola: Una delle due porte, durante il passaggio del vagonetto, si trova sempre chiusa per intercettare la corrente. Bastano soventi due porte arpionate che si chiudono quando sono abbandonate a sè; talvolta però le porte si collegano fra loro in guisa che l'apertura di una porta provoca la necessaria chiusura dell'altra.

Quando vi sono delle porte di ventilazione molto importanti, che è necessario funzionino sempre a dovere, si fanno sorvegliare da operai speciali, generalmente da vecchi minatori pensionati.

536. Accade talvolta di dover provvedere a far circolare in modo separato le correnti d'aria di due gallerie che si intersecano: il caso non è infrequente nelle miniere che coltivano un solo strato di minerale di media o di piccola potenza, che si sviluppa in piano. Si pratica allora una specie di tromba a sifone a rovescio, e cioè si passa sopra la galleria di maggior importanza con un condotto sufficiente per convogliare l'aria della galleria che taglia quella principale. Generalmente questi incroci — che prendono il nome inglese di *crossing* — si costruiscono di muratura.

Quando occorre provvedere alla ventilazione di un avanzamento che progredisce a fondo cieco, si guida l'aria compressa con canali di legno o di lamiera zincata, talvolta ondulata, sostenuti lungo le pareti della galleria. Quando è necessario togliere soventi per un certo tratto questi condotti d'aria per la partenza delle mine, all'ultimo tratto di tubo metallico si sostituisce un tubo di tela paraffinata.

Il valore di n di cui alla (1) varia da 0.00046 per tubi di lamiera di m. 0,25 di diametro, a 0.00030 per tubi di legno di $^1/_4$ di m^2 di sezione: Naturalmente la perdita di pressione è aumentata per la presenza di svolte, specialmente se brusche; queste perdite si esprimono, indicando la lunghezza di condotta diritta che corrisponde alla resistenza supplementare dovuta alla curva. Detta L la lunghezza sviluppata dalla curva, ρ il raggio di curvatura, v la velocità media, compresa fra 5 e 10 m., e infine D il diametro della condotta, la perdita di pressione H si può ritenere data dalla formula:

$$H = 0.0961 \frac{L}{\rho} \sqrt{\frac{D}{\rho}} \frac{v^2}{2g}$$

537. In Inghilterra si usa condurre gli avanzamenti nel carbone con notevole larghezza, e dividere man mano longitudinalmente la galleria che nasce con un diaframma, ottenuto collocando lungo l'asse della galleria lo sterile e dell'argilla. Si ha così una galleria doppia, comunicante all'avanzamento, e mentre un ramo serve a condurre l'aria pura, l'altro serve di ritorno per quella viziata.

Nelle gallerie d'ordinaria sezione, quando si deve provvedere alla doppia circolazione dell'aria, si costruiscono dei diaframmi separatori di mattoni, di tavole di legno, calafatate d'argilla od anche semplicemente di tela incatramata. Il compartimento di sezione maggiore serve pel ritorno dell'aria.

Analoghe divisioni si collocano qualche volta anche nei pozzi

(ed allora prendono il nome di *calendaggi* dal *galandage* francese) quando il pozzo deve servire all'introduzione ed all'uscita dell'aria dalla miniera. Queste separazioni nei pozzi devono essere accuratamente costruite ed in seguito attentamente sorvegliate. In molte solfare siciliane, dove il problema della ventilazione ha grande importanza ed è reso particolarmente difficile dalle disordinate coltivazioni, i diaframmi separatori delle correnti d'aria nelle gallerie si costruiscono con grande abilità con del gesso, materiale abbondante in tutte le solfare: il gesso però negli ambienti caldi e umidi rapidamente s'idrata e perde di coesione.

Scelto opportunamente, anche dal riguardo della ventilazione, il metodo di coltivazione della miniera, è necessario per ventilarla razionalmente, osservare alcuni principi elementari, che mirano a rendere minima la resistenza che offre la miniera alla ventilazione, a coadiuvare nel miglior modo la ventilazione naturale, ad evitare i disperdimenti d'aria attraverso i lavori, che sono a completo danno della ventilazione utile, e infine a rendere più sicuro l'ambiente della miniera.

E noto che se il volume V d'aria, che deve circolare nella miniera, passasse successivamente in tutti i cantieri, richiederebbe una pressione motrice assai maggiore che se lo stesso volume V fosse diviso in n parti ed ognuna percorresse da sola un tratto del sotterraneo. Quindi conviene suddividere la corrente d'aria fresca che entra nella miniera in parecchi circuiti, ognuno dei quali provvederà all'aereazione delle gallerie e dei cantieri che lo compongono, e restituirà poi l'aria nella galleria unica di ritorno.

La suddivisione dell'aria nelle diverse correnti si ottiene colle porte regolatrici della ventilazione, e la distribuzione nei diversi circuiti, colle porte di ventilazione.

Non solamente si avrà in questo modo un'economia nella forza motrice, ma anche si provvederà ad una maggior sicurezza dei lavori, limitando, in caso d'accidente, le perturbazioni della ventilazione al solo circuito interessato dal detto accidente.

Si deve aver cura, nella distribuzione delle correnti, di far correre i ritorni d'aria viziata nelle gallerie di ampia sezione, poichè l'aria, circolando nei cantieri, si riscalda, accoglie vapor d'acqua e del gas, e cioè aumenta di volume.

538. L'aria fresca deve entrare dal pozzo più profondo e muoversi nella miniera dal basso verso l'alto. La corrente cioè deve essere *ascensionale*. È evidente che si segue così la direzione naturale che assumerebbe la ventilazione pel fatto che l'aria, circolando

nei cantieri sotterranei, diminuisce di densità e tende quindi a salire. Questo principio delle correnti ascensionali assume particolare importanza nelle miniere con grisou, per la densità minore che ha questo gas in confronto all'aria, che tenderebbe a farlo accumulare nei vuoti elevati dei lavori, qualora la ventilazione fosse in qualche punto discendente.

La ventilazione discendente è quindi solo eccezionale nei lavori preparatori montanti, ove non è possibile altra soluzione, oppure quando si devono combattere incendi sotterranei, mandando l'aria nella direzione opposta a quella secondo cui si propaga il fuoco, ecc.

Nelle miniere con grisou la disposizione dei lavori — ossia il metodo di coltivazione — deve essere tale da non opporsi, anzi da facilitare in ogni punto la ventilazione ascensionale dei cantieri. I tagli montanti, che richiederebbero la ventilazione discendente, quelli che comportano camere che si sviluppano dal basso verso l'alto, dando luogo a campane che sfuggono alla ventilazione, i gradini rovesci, che offrono negli angoli rientranti spazi di difficile accesso all'aria pura, ed in generale molti metodi di coltivazione per scoscendimento, che creano dei vuoti ove può annidarsi il grisou, sono da proscriversi nelle miniere con grisou. Convengono invece i metodi con ripiena, che evitano i vuoti pericolosi, quelli che comportano superiormente vie d'accesso ai ritorni d'aria, i tagli in direzione, ecc.

539. Nella maggior parte delle miniere i pozzi di ritorno dell'aria sono liberi e destinati unicamente all'ufficio di dare passaggio all'aria inquinata della miniera: Sopra essi sono montati i ventilatori aspiranti. Tuttavia talvolta, per aumentare la produzione della miniera, i pozzi di ventilazione servono anche per l'estrazione del minerale. In questi casi il pozzo deve all'orificio essere sistemato in modo da evitare le comunicazioni dirette del pozzo coll'atmosfera durante la manovra delle gabbie: accadrebbe infatti, se così non fosse, che l'aria atmosferica sarebbe aspirata dal ventilatore, la cui azione resterebbe quindi in quegli istanti annullata per la miniera. La soluzione più semplice del problema consiste nel disporre il ventilatore anzichè all'orificio, alla base del pozzo: esso aspira l'aria viziata della miniera dalla relativa galleria di riflusso, e la immette nel pozzo di ventilazione.

Ma questa soluzione non sempre si presenta di possibile applicazione: allora, se l'estrazione non è molto intensa, si mantiene il ventilatore in relazione all'orificio del pozzo, il quale è chiuso

da una specie di grande coperchio, attraverso il quale passa la fune, e che la gabbia solleva, giungendo a giorno, mentre essa stessa ostruisce la bocca del pozzo. Nel Belgio funzionano parecchie di queste chiusure dovute al Briart. Se però il traffico lungo il pozzo è rilevante, le entrate d'aria atmosferica nel pozzo sono troppo frequenti perchè il sistema si possa adottare: esso ha inoltre l'inconveniente di danneggiare alquanto le funi. In questi casi l'unica soluzione è di chiudere ermeticamente la ricetta superiore del pozzo.

Sopra l'orificio si trova una specie di torre, che costituisce una continuazione del pozzo: alla parte superiore della torre entrano le funi d'estrazione, sostenute superiormente dalle solite mollette, e ad una certa altezza dal suolo, lateralmente alla torre, s'aprono orizzontalmente delle camere a costituire le recette d'arrivo dei vagonetti dal pozzo e dall'esterno. Delle doppie chiusure permettono l'entrata e l'uscita dei vagonetti dalla recette senza che si verifichino entrate d'aria nell'ambiente del pozzo. Il sistema però perde della sua efficacia se le manovre sono frequentemente ripetute. Si è quindi adottata in alcuni casi la soluzione di rendere non solamente il pozzo ma anche i locali annessi, nei quali si compie la cernita e l'arricchimento del materiale, stagni all'aria, evitando così che i vagoni escano all'esterno. L'evacuazione del minerale si compie, se grossolano, attraverso vasche d'acqua, oppure, se fino, in speciali condotti, che costituiscono chiusure stagne per lo stesso materiale fino che contengono.

Questi pozzi speciali, adibiti allo stesso tempo all'estrazione ed ai ventilatori, s'incontrano però soltanto in alcune miniere di carbone.

CAPITOLO XVII.

Servizi accessori

Illuminazione. — Diversi tipi di lampade - lampade di sicurezza.
Circolazione degli operai. — Fahrkunst - installazioni accessorie.
Organizzazione del lavoro. — Istituzioni operaie - Amministrazione - Infortuni sul lavoro e malattie.
Minerali e campionatura - Metodi ed apparecchi.

Illuminazione.

540. L'impiego dell'olio per illuminare i lavori minerari data da tempo assai antico: in alcune gallerie di Sardegna e d'Africa, di età romana, si rinvennero le lampade in terra cotta, che servivano appunto agli antichi minatori; lampade analoghe a quelle che servono oggi ancora in alcune solfare di Sicilia. I rami resinosi furono in passato impiegati come torcie nei sotterranei e lo sono tutt'ora in alcune miniere di Svezia e del Giappone. — Nei paesi ove l'olio difetta, si impiegano generalmente candele di sego, che fabbricano gli stessi minatori, e che pesano circa 300 grammi ognuna. Serve sovente da sostegno sul lavoro alla candela una pallottola di argilla, che si ferma per la propria adesività, contro la roccia della galleria, oppure s'adoperano dei sopporti in ferro, che si introducono nelle rotture che presenta la roccia. Soventi questi sopporti sono muniti di cappello in lamierino per riparare la candela dagli stillicidi di acqua. Le candele sono tutt'ora largamente impiegate, ad es., nell'Inghilterra.

A titolo di curiosità, si accenna che nel Giappone qualche pozzo petrolifero, con svolgimento d'idrocarburi, è illuminato per riflessione della luce solare sopra rettangoli di carta oliata: si evit con questo artificio la presenza di fiamme.

Le lampade comunemente usate nelle miniere sono a fiamma nuda oppure con protezioni di sicurezza. Le prime servono pel lavoro negli ambienti senza gas esplosivi, le seconde pel lavoro nelle miniere ove si svolgono gas pericolosi per le esplosioni che possono provocare. Raramente si impiegano lampade elettriche.

Le principali sostanze illuminanti, che s'adoprano nelle miniere, sono gli olii vegetali, animali o minerali, o mescolanze di detti olii, il sego, i grassi, la benzina e il carburo di calcio.

L'olio vegetale, specialmente se d'ulivo, è fra tutti gli illuminanti per lavori sotterranei il preferito, perchè dà poco fumo, poco calore e punto odore. Gli oli vegetali più scadenti, o quelli animali, sono alquanto fumosi: gli oli minerali sono peggiori, pel fumo, l'odore e la natura dei prodotti della combustione che spandono nell'ambiente.

Il sego ed il grasso, largamente usati nelle miniere di carbone, oltre il fumo e l'odore svolgono anche molto calore.

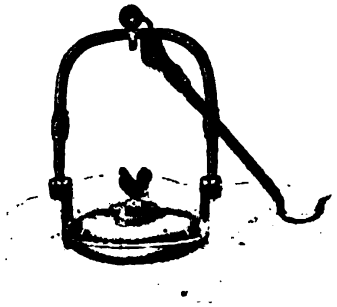


Fig. 187.

541. I tipi di lampade a fiamma nuda, impiegati dai minatori, sono numerosissimi. Constano essenzialmente di un serbatoio, destinato ad accogliere l'olio od il grasso, nel quale pesca lo stoppino di cotone che deve dare la fiamma: Nel nord d'Italia ed in Sardegna, in Francia e Spagna s'usa una lampada — detta da noi *candela* — costituita da un serbatoio lenticolare di ferro per l'olio; lo stoppino esce da un beccuccio laterale. Il serbatoio è imperniato secondo un diametro in una staffa di ferro, in modo che la sua massima sezione riesce di posizione orizzontale. Alla staffa fa seguito un'asticciuola snodata, pure di ferro, che termina superiormente ad uncino. Una delle due branche della staffa porta infilata lateralmente una pinzetta, che serve per smoccolare e ravvivare la fiamma, oltrechè estrarre dalla lampada lo stoppino. Una lampada di questo tipo consuma in 8 ore circa 130 gr. d'olio con una spesa di L. 0,10 ÷ 0,15.

Nell'Harz s'impiega una lampada simile, alimentata però da sego.

Nel Mansfeld s'usano piccole lampade di stagno, con beccuccio dal quale sporge il cotone con l'olio da ardere. Queste lampade sono soventi fissate sul cappello di cuoio dei minatori du-

rante il lavoro. Lampade analoghe si usano nelle miniere senza grisou del nord della Francia.

Nella Scozia ed in altre regioni d'Inghilterra, s'adoperano pure lampade di stagno, in forma di piccola caffettiera, che contengono dell'olio d'olivo o di ravizzone. Lo stoppino esce dal beccuccio ed il recipiente è munito di un manico curvo, aperto inferiormente, che serve anche da uncino per appendere la lampada durante il lavoro.

Nella Sassonia s'usa una scattola detta « *blende* » in legno, stagno o lamiera di rame, munita di un vetro, nella quale si introduce una lampadina ad olio. La lampada può così esser tenuta da una collana contro il petto, quando il minatore cammina.

Nel Belgio, infine, nelle miniere senza grisou del bacino del Centro, s'impiega la lampada Bainbridge, di tipo inglese, a fiamma protetta da un alto vetro conico, oltremodo economica, poichè consuma 50 grammi d'olio bianco di balena in 10 ore, con una spesa di L. 0.003. La lampada pesa quasi un chilogrammo.

In qualche raro tipo di lampade si adopera come sostanza illuminante la benzina, tenuta nel serbatoio da una spugna; così pure s'impiegano talvolta dei petroli o della nafta in lampade a combustione speciale.

L'acetilene è raramente impiegato nelle lampade a fiamma nuda portatili delle miniere, perchè il beccuccio, dove nasce la fiamma è assai delicato. Alcune lampade tuttavia, come quelle del Santini o del Rosselli, sono bene studiate e non danno inconvenienti. — Consumano 100 gr. di carburo per 6 ore e quindi riescono più economiche di quelle ad olio. La fiamma dell'acetilene resiste assai più di quella ad olio alla *forza*.

Chiusa la lampada ad acetilene in scattole di protezione con vetro, essa può riuscire utile al personale dirigente, specialmente nelle coltivazioni a grandi vuoti per la potenza illuminante dell'acetilene.

Per rischiarare le grandi cave aperte alla superficie, durante la notte s'impiegano i fari *Wells*, che gazzificano oli pesanti di catrame. Questi fari sono correntemente impiegati nei lavori stradali delle città, ferroviari, ecc.

Infine, in alcune miniere senza grisou, si introdusse la illuminazione fissa con lampade elettriche. Nei grandi scavi di alcune cave s'adoprano lampade ad arco. L'illuminazione con lampade fisse nei cantieri ordinari delle miniere presenta particolari difficoltà ed assai raramente è applicata.

542. *Lampade di sicurezza.* — Negli ambienti dove esistono o possono esistere, gas esplosivi, le lampade a fuoco nudo sono assolutamente da proscriversi. Si è tentato di far a meno del fuoco per illuminare tali ambienti, ma tutti i mezzi proposti non diedero risultati praticamente soddisfacenti.

Già nel 1810 a Whitehaven si tentò di illuminare gli ambienti con grisou, mediante ruote d'acciaio, che giravano rapidamente contro pezzi di silice piromaca. Le scintille davano la sorgente luminosa, ma le scintille stesse, o forse il riscaldamento delle ruote che le generavano, provocarono esplosioni di grisou, per cui quelle macchinette furono abbandonate.

Si deve a Humphrey Dawy nel 1815 l'invenzione della prima lampada di sicurezza, che poi, man mano perfezionata, diede le lampade attuali, di uso corrente nelle miniere con grisou.

Il principio applicato dal Davvy alle lampade di sicurezza è assai semplice: la fiamma è il prodotto della combustione di gas; se questi sono raffreddati sotto la temperatura di ignizione, cessa la combustione e con essa quindi la fiamma. Tagliando con una rete metallica una fiamma, per la conduttività termica del metallo, verrà sottratto calore ai gas in combustione, e per la grande superficie che offre la rete all'irradiazione, il calore sarà dissipato nell'ambiente assai prima che la rete s'arroventi: la rete continuerà quindi la sua azione di sottrarre in una data sezione il calore alla fiamma e così limiterà la propagazione della fiamma stessa. Se si avvolge una fiamma con una rete di ferro, con fili di $^1/_5$ di mill. e di 144 maglie per cm.^{2}, si può evitare ch'essa propaghi l'infiammazione esternamente, ancorchè collocata in gas infiammabili: Il pericolo però si ritrova se la rete si arroventa.

Non descriveremo la successione delle lampade di sicurezza comparse dopo quella di Dawy, perchè ciò non avrebbe per noi alcun pratico interesse. Solo citiamo le lampade Upton e Robert (1835), ormai in disuso, perchè presentarono per la prima volta alla parte inferiore quella chiusura con vetro, per renderne maggiore la potenza luminosa, oggi adottata in tutti i tipi. — Quelle Muesler (1841) che furono munite del camino centrale per l'evacuazione dei prodotti combusti, allo scopo di ottenere, se poste in aria con grisou, che per l'aumento di volume della fiamma, i prodotti della combustione non possano più uscire all'esterno attraverso il camino centrale, ed annegare e spegnere così la fiamma. — La lampada Marsaut, assai usata in Francia, come pure la Fumat, sono analoghe, ma senza camino.

Nel 1883 in Germania si sostituì all'olio la benzina nella lampada Wolf, che prese rapida diffusione. Ci arresteremo con una breve descrizione di questo tipo di lampada, che del resto nella sua forma e costruzione, è analoga alle altre lampade di sicurezza prima accennate. L'impiego della benzina dà una luce chiara, costante, senza fumi grassi, e permette di rivelare, forse meglio dell'olio, la presenza del grisou nell'ambiente, condizione questa importante per una lampada di sicurezza. Il consumo per lampada è di 70 gr. di benzina per 10 ore di lavoro.

Tutte le lampade di sicurezza consistono, come la Wolf, in un recipiente cilindrico metallico, nel quale si trova il liquido che alimenta la combustione. Sopra esso è collocato un forte vetro, pure cilindrico, dell'altezza della fiamma, al quale fanno superiormente seguito due avvolgimenti conici coassiali di rete metallica, per raffreddare i prodotti combusti prima che s'immettano nell'ambiente.



Fig. 188.

Parte importante nelle lampade di sicurezza è il metodo di chiusura, che deve togliere al minatore la possibilità di aprire la lampada in miniera. L'apertura intempestiva delle lampade fatta da qualche operaio, fu causa di gravi disastri. — Nella lampada Wolf la chiusura è elettromagnetica e la lampada non può aprirsi che col concorso della elettrocalamita, che si trova nella lampisteria. Molte lampade di diverso tipo portano dei suggelli di piombo, che valgono a rivelare se la lampada fu aperta, ma evidentemente essi servono solo all'eventuale repressione dell'abuso, non a prevenirlo. La lampada Wolf può essere riaccesa, se spenta, nella miniera, senza che occorra aprirla, nè che occorrano fiammiferi. Serve all'uopo un accenditore speciale a frizione, che si manovra facilmente con un bottone esterno. Infine questa lampada è munita di un doppio inviluppo di rete, protetto esternamente da una corazzatura. Il suo peso è di circa kg. 1,3.

Le lampade elettriche ad accumulatori sono pesanti a portarsi ed il costo della luce riesce caro, per il consumo degli accumulatori secchi che si impiegano.

Circolazione degli operai.

543. L'operaio arriva al lavoro colla propria lampada. Nelle miniere di carbone in prossimità al pozzo vi è una *lampisteria* che consegna agli operai le lampade di sicurezza in ordine ed accese. — Le lampade tengono così luogo delle marche che servono nelle fabbriche per accertare la presenza degli operai al lavoro.

Nelle miniere di carbone il minatore prima di prendere la propria lampada, passa in un locale speciale, dove cambia gli abiti che indossa con altri di lavoro. Tali locali d'inverno sono riscaldati. Essi sono specie di guardarobe, nelle quali furono aboliti gli armadi che prima esistevano, ed oggi gli abiti dei minatori, sia quelli da lavoro come quelli ordinari che indossa all'uscita, si sospendono, per mezzo di funi e piccole puleggie, al soffitto dei cameroni: gli abiti riescono così ventilati e si evitano i furti.

In alcune contrade minerarie l'abito da lavoro del minatore costituisce una specie di divisa, che nelle miniere carbonifere è di pelle e cuoio. Esso viene lasciato alla fine del lavoro alla guardaroba del pozzo, dove da appositi operai è pulito, allestito ed asciugato pel lavoro del giorno successivo.

L'operaio dopo essersi vestito, munito della lampada e degli arnesi da lavoro, scende in miniera. Mentre nelle miniere di modesta importanza la traslazione degli operai nel pozzo si compie con scale o colle benne che servono per l'estrazione, nelle miniere importanti la discesa e la salita degli operai lungo il pozzo si compie nelle gabbie d'estrazione. Il macchinista è avvertito dal ricevitore che circolano operai nel pozzo e rallenta quindi la marcia normale della macchina, ed ha cura di evitare ogni scossa alle gabbie e di depositarle dolcemente sopra i *taquet* d'arresto. Nelle gabbie prendono posto i minatori nel maggior numero possibile.

Per mezzo della gabbia, un livello alla volta della miniera riceve i propri minatori, e la discesa nel pozzo avviene così con sollecitudine. Al termine dell'orario di lavoro, collo stesso mezzo i minatori sono riportati alla superficie per ordine inverso di livelli. L'entrata e l'uscita degli operai e le manovre del macchinista addetto alla macchina d'estrazione, devono sempre compiersi nel massimo ordine.

544. Benchè la traslazione degli operai avvenga colla macchina d'estrazione, il pozzo deve essere sempre munito di scale, per permettere l'ascesa e la discesa degli operai nel caso che sopravvenga

qualche guasto alla macchina. Le scale poi servono esclusivamente nei pozzi meno importanti, per la circolazione degli operai.

Le scale che s'impiegano nelle miniere sono costituite da due montanti con piuoli. I piuoli talvolta sono di ferro e soventi l'intera scala è di ferro: essa ha allora una lunga durata, presenta ottime condizioni di sicurezza ed occupa poco spazio nel pozzo; tuttavia le scale di ferro riescono meno agevoli a percorrersi che le scale con montanti di legno.

Le scale sono lunghe 4-5 metri e l'inclinazione più conveniente per la comoda salita e la discesa degli operai, è di 70°. Naturalmente però nei lavori minerari non è sempre possibile stabilire le scale con tale inclinazione. Le scale nei pozzi devono essere divise da pianerottoli, collocati per disposizioni regolamentari, a non più d'otto metri di distanza l'uno dall'altro. Infine le scale orientate parallelamente lungo il pozzo, riescono più comode e sicure a chi transita che non quelle disposte con inclinazione alternata.

Nei pozzetti, nei fornelli e in generale nelle piccole comunicazioni rivestite di legname, s'usano le *grappe* (tondi di ferro piegati a ⌐¬ e appuntiti): esse si fissano una sotto l'altra nei legnami di rivestimento e costituiscono così una scala. Talvolta si stabiliscono anche nelle pareti rocciose degli scavi sotterranei: sono allora più robuste e prendono il nome di *grappe da montagna*.

545. Nelle miniere a grande produzione, dove il traffico nei pozzi è rilevante, l'impiego delle gabbie per la traslazione degli operai — che deve compiersi con velocità inferiore a 6 metri — diminuisce evidentemente in modo notevole la potenzialità d'estrazione del pozzo. D'altra parte non è neppur da considerarsi la possibile convenienza dell'impiego delle scale per la traslazione degli operai lungo il pozzo, se questo ha profondità maggiore di 100 metri. I minatori che dovrebbero percorrerlo coi ferri di lavoro in discesa ed in salita ogni giorno, consumerebbero una parte notevole del lavoro che hanno disponibile, oltrechè impiegherebbero un tempo lungo nel percorso, che sommandosi per tutti gli operai, porterebbe nelle miniere con molto personale a spostamenti d'orari, nei posti di lavoro all'interno, incompatibili collo sparo dei colpi di mina, col trasporto del minerale lungo le gallerie, ecc.

Nel caso quindi che la macchina d'estrazione non possa adibirsi alla traslazione degli operai, si stabiliscono dei pozzi speciali, muniti di speciali macchine, pel servizio di traslazione degli operai che salgono e scendono lungo il pozzo.

Questi pozzi ausiliari, costituiti come quelli ordinari, sono mu-

niti di gabbie, e servono anche soventi, nelle ore d'intervallo fra il cambiamento delle mute di lavoratori, all'estrazione del minerale o ad introdurre materiale in miniera.

546. In passato si stabilirono in più pozzi degli apparecchi speciali per la traslazione degli operai lungo il pozzo, chiamati *fahrkunst* od anche *Waroquère* dall'ing. Waroquè che le perfezionò nel Belgio.

La fahrkunst data dal 1835 e le prime applicazioni furono fatte nell'Harz, dove a quell'epoca le miniere avevano già raggiunto 600 metri di profondità.

Il principio è il seguente: supponiamo di avere due lunghe aste pendenti verticalmente nel pozzo e di imprimere ad ognuna un movimento verticale di va-e-vieni ma in senso inverso, e cioè, che mentre l'una delle aste si solleva con una certa velocità, l'altra si abbassi nel pozzo colla stessa velocità. Supponiamo anche che l'escursione di ogni asta, eguale per entrambe le aste, misuri una certa lunghezza l e che le aste giungano al termine delle escursioni nello stesso istante. Supponiamo, infine, che subiscano al termine di ogni corsa un piccolo arresto prima di riprendere movimento in senso inverso.

Tutte queste condizioni sono facilmente realizzabili meccanicamente: Basterà, infatti, immaginare all'orificio del pozzo due cilindri coniugati, ai cui stantuffi siano in relazione, comandate da due manovelle calettate a 180°, le aste. Le due aste giaceranno pendenti ad un metro e mezzo circa di distanza l'una dall'altra nel pozzo, contrappesate od anche messe in relazione fra loro mediante bilancieri a braccia eguali.

Se supponiamo ora che ognuna delle aste in discorso porti, a distanza $2l$ uno dall'altro, una serie di pianerottoli, in modo che i pianerottoli solidali ad una delle aste si trovino affacciati a quelli dell'altra asta quando le aste stesse sono al termine di una corsa, evidentemente, nel movimento, essi si ritroveranno affacciati, ma in altro ordine, al termine della successiva escursione.

Se in quell'istante il minatore, che erasi collocato sul pianerottolo più basso del sistema, e l'altro che aveva preso posto sul pianerottolo che era fuori dell'orificio del pozzo, si spostano, e con semplice movimento laterale passano sul pianerottolo affacciato, al termine dell'escursione successiva essi saranno rispettivamente saliti o discesi, di una lunghezza $2l$. Ripetendo, durante il movimento, ad ogni affacciarsi dei pianerottoli, il passaggio laterale, mentre prenderanno posto al fondo ed all'orificio del pozzo nuovi

operai nella fahrkunst, si avranno due correnti d'operai, l'una che sale, l'altra che scende lungo il pozzo: il *débit* sarà di un operaio portato all'esterno e di uno abbassato in miniera per ogni doppia escursione dell'asta.

Generalmente la corsa delle aste è di $4 \div 5$ metri, e la distanza fra i pianerottoli è alquanto minore di $2\,l$, e cioè rispettivamente di 8 e 10 metri: così essi verso il termine della corsa s'innalzano alquanto l'uno sull'altro, facilitando il passaggio laterale dell'operaio. La velocità di traslazione delle aste è compresa fra m. 0.50 a m. 0.90.

Le fahrkunst si ritrovano ancora in alcune contrade, nelle miniere metallifere ad es. nell'Harz, in Sassonia ed in Norvegia: nelle miniere di carbone esse vanno scomparendo, poichè cedono posto alle macchine d'estrazione.

Dal punto di vista della sicurezza, le fahrkunst lasciano molto a desiderare in confronto alla traslazione con gabbie, perchè causano frequentemente dei sinistri.

547. Non ci estenderemo ad accennare alla circolazione degli operai nei lavori. — I passaggi verticali interni sono muniti di grappe o di scale, come fu già detto: talvolta servono delle gallerie montanti, dei piani inclinati, ecc., per vincere i dislivelli che esistono fra i differenti lavori. Meno sistemati sono i passaggi nelle coltivazioni, che pel loro carattere temporaneo, sono sempre ottenuti speditamente; talvolta — come si usa soventi nelle miniere di Germania — con un semplice tronco di legno munito di tacche per dar appoggio ai minatori.

548. In molte grandi miniere di carbone presso la recette superiore del pozzo sono stabiliti dei bagni con acqua calda, affinchè i minatori, che lasciano il lavoro, possano ripulirsi prima di tornare alle loro case. Il minatore che esce dal pozzo, consegna la lampada alla lampisteria e ritira il suo abito pulito dalla guardaroba; va a lavarsi nel locale dei bagni, dove si cambia e restituisce poi alla guardaroba il vestito sudicio, per ritrovarlo pulito ed asciutto nel giorno successivo.

Nelle moderne installazioni ai bagni sono preferite le doccie perchè più igieniche e perchè richiedono minor consumo d'acqua; nelle sale a doccia il pavimento è costituito da listelli di legno e le pareti sono lavabili.

Organizzazione del lavoro.

549. In molti paesi vige il contratto di lavoro e vi sono regolamenti speciali, che determinano e sanzionano gli obblighi reciproci che intercedono fra i minatori e le Amministrazioni da cui essi dipendono.

Il lavoro dei minatori è regolato secondo gli usi dei diversi paesi: in alcune contrade il lavoro è fatto per mute di otte ore, che si succedono senza interruzione nei cantieri: in altre il lavoro nelle miniere dura dieci ed anche dodici ore.

Talvolta nelle miniere si riduce il lavoro a sole due mute per 24 ore, essendosi riscontrato che quella del mattino è generalmente la meno produttiva. Le mute sono allora spaziate d'un intervallo più o meno lungo per favorire il cambiamento dell'aria nei cantieri dopo l'esplosione delle mine.

Il numero e la successione delle mute al lavoro, dipende dalla intensità più o meno grande colla quale si spingono le coltivazioni e anche dalla natura delle coltivazioni stesse.

550. I salari sono naturalmente determinati dalla bilancia della domanda e dell'offerta: quasi sempre essi sono implicitamente regolati negli aumenti e nelle diminuzioni del prezzo di vendita dei minerali. — In alcune contrade carbonifere si stabilirono delle scale mobili pei salari, in relazione ai prezzi dei carboni, agli stock esistenti, ecc., ma esse non ebbero successo duraturo.

La retribuzione ai minatori può esser fatta in diversi modi, e così: pagando la giornata di lavoro, pagando a forfait il prodotto o un lavoro determinato, pagando il lavoro a quantità, ecc.

Il *lavoro pagato a giornata* è il meno produttivo, specialmente dove l'operaio è poco coscienzioso e dove difetta la sorveglianza. Nelle miniere tuttavia molti lavori devono essere affidati con questo sistema, come quelli di manutenzione, oppure quelli che, presentando qualche pericolo, devono perciò condursi con particolare attenzione.

La paga a *forfait* o *conto minerale* è basata sul minerale prodotto, che viene pesato o misurato all'esterno: da noi è praticato nelle solfare di Sicilia ed in parecchie coltivazioni irregolari di calamine e nelle coltivazioni a cielo scoperto. Nelle miniere sotterranee, se il lavoro è concesso a tale condizione, deve essere sor-

vegliato con cura, per ragioni di sicurezza e per evitare i dannosi effetti delle coltivazioni a rapina, cui naturalmente tende il sistema.

Paga a lavoro determinato: questo modo di determinare la paga, è contabilmente semplice. A tutti gli operai è affidata in modo eguale una determinata quantità di lavoro, che devono compire durante la muta; la paga è eguale per tutti. Questo sistema non stimola evidentemente l'operaio nel lavoro e mette l' operaio abile allo stesso livello dell'operaio mediocre: Malgrado ciò il metodo si deve seguire quando è necessario che il lavoro progredisca in modo uniforme nel suo complesso. Così nelle coltivazioni di cui a pag. 391 è indispensabile che tutte le fronti di taglio progrediscano giornalmente allo stesso modo, e l'entità dell'avanzamento giornaliero delle fronti costituisce appunto la misura del lavoro che deve compiere il minatore nella muta.

Il *lavoro a cottimo* è pagato a misura, in metri lineari di avanzamento, se si tratta di gallerie, di pozzi o di fornelli, od in metri quadrati, se trattasi di fronti di taglio od abbattaggio di filoni. Si prestabiliscono i prezzi unitari dei lavori, i quali però sono soggetti a revisioni periodiche, oppure quando cambiano le condizioni di lavoro. — Da questo sistema scaturisce quello dell'*impresa*, che comporta molte forme: Così l'impresa può essere affidata a un impresario, che diviene cottimista; a lui spetta il guadagno e l'eventuale perdita, ed il provvedersi dei minatori, a cui fissa la giornata in relazione all'abilità professionale di ognuno, a lui nota. Oppure possono i minatori addetti ad uno stesso lavoro, essere fra loro associati in una impresa, la quale è allora data alla Compagnia, che si nomina un capo: Il guadagno è ripartito fra tutti in egual misura. Questo sistema presenta anche varianti, e così ad es. gli operai hanno una paga fissa, relativamente bassa, che è loro assicurata dalla miniera e che è in relazione all'abilità individuale, ed il maggior guadagno eventuale è ripartito fra i lavoratori ecc.

Fra tutti i sistemi è ovvio che quello coll'impresario dà i migliori risultati dal punto di vista del costo della produzione: esso però rappresenta evidentemente una forma sfruttatrice a danno degli operai.

I generi necessari al lavoro, strumenti, esplosivi, legnami, l'olio ecc. sono dati dal magazzeno della miniera regolarmente amministrato e rappresentano i *consumi*. Alcuni di questi consumi sono a ricupero, e cioè compresi nel prezzo unitario del lavoro, per cui si sottraggono nella liquidazione all'importo del lavoro eseguito. — Questa forma tende ad interessare il minatore all'economia di al-

cuni generi, e specialmente esplosivi, l'olio, ecc. di cui può far sciupio.

551. **Istituzioni operaie.** — Le miniere soventi giacciono in luoghi disabitati, e lontani dai villaggi: è quindi in tali casi necessario provvedere alloggi agli operai addetti al lavoro. Questi devono essere igienici e a buon mercato. Quando la popolazione operaia è nomade, conviene la costruzione di caserme operaie, dove i lavoratori trovano riparo nelle ore di riposo: talvolta queste caserme si limitano a semplici baraccamenti di carattere più o meno provvisorio. Quando invece la popolazione operaia accenna a diventar stabile, si attira e si fissa colla costruzione di abitazioni per famiglie, e sorgono così i villaggi operai. Le case operaie devono risolvere il problema di fornire alloggi comodi, igienici, con un affitto modico. I *corons* delle miniere di carbone del nord della Francia e del Belgio sono appunto villaggi operai: le case, benchè comode, sono pei corons di uno o due tipi solamente, per rendere minima la spesa di costruzione e l'affitto.

I *corons* si mostrano quindi assai uniformi ed assumono perciò aspetto triste. Si preferisce quindi soventi costrurre casette isolate di tipi diversi, specialmente dove si possono fare combinazioni per cui l'operaio, col pagamento di un conveniente affitto, dopo un certo tempo diviene proprietario della casa che abita.

552. Complemento indispensabile dei villaggi operai sono i Magazzeni viveri, stabiliti dalle Società e sotto la loro diretta sorveglianza per evitare l'usura cui sono soggetti gli operai, i quali, acquistando a credito, devono necessariamente sopportare le angherie dei venditori. L'ideale di queste istituzioni è un magazzino tenuto e saggiamente amministrato dalla Società mineraria, che chiuda l'esercizio con un utile assai modesto, il quale a sua volta serva direttamente o indirettamente in pro dell'operaio. Rendendo la vita a buon mercato, si provvede in modo efficace e duraturo al benessere dell'operaio. — Ma non sempre tale sistema è applicato, anzi sovente degenera in una riprovevole speculazione secondaria e l'esercizio delle *cantine* forma un cespite d'entrata a sè. Riparo a questo stato di cose, che rientra evidentemente nelle forme comunemente dette del *truk-system*, sono le cooperative operaie, alle quali però, almeno da noi, si imputano troppo soventi spese amministrative esagerate in confronto ai bilanci, le quali spese gravano naturalmente i generi di consumo a tutto danno dell'operaio.

553. Infine oltre i Magazzeni operai, esistono nelle contrade

minerarie più civili, le scuole elementari, corali e strumentali, i teatri educativi operai, ecc.

Fra le istituzioni che direttamente riguardano il lavoro, fioriscono in molte contrade le commissioni operaie di vigilanza, i consigli di conciliazione e d'arbitramento misti, fra padroni ed operai, le casse di risparmio, di soccorso, ecc.

554. Il sole dell'avvenire dovrà illuminare, specialmente nelle miniere, la concordia fra il lavoro del braccio e quello del pensiero. Nessuna altra industria comporta come la mineraria risultati a distanza di tempo e tutto il progressivo sviluppo dei lavori sotterranei e delle molteplici installazioni a giorno di una miniera, deve concatenarsi, completarsi a vicenda, e fondersi in un grande organismo, il quale a sua volta lentamente si trasforma e continuamente progredisce. Ma questo svolgersi della miniera, richiede, per la natura stessa lenta dei lavori minerari, anni ed anni, per cui lo sfruttamento delle miniere deve seguire con costanza dei piani generali saviamente e nettamente concepiti, ed una mente integratrice deve sempre presiedere al lavoro. L'accordo quindi fra chi dirige e chi compie il lavoro, nell'interesse comune e della universalità, dovrebbe nelle miniere essere sempre perfetto.

555. Ove si volesse considerare se v'ha forma tecnicamente possibile di trasformazione futura della proprietà mineraria, si dovrebbe concludere per la nazionalizzazione delle miniere con indennizzo ai proprietari: lo Stato però nelle nazioni dove le miniere sono demaniali, in generale si è sempre dimostrato, dal punto di vista economico, un mediocre coltivatore.

È però ben sicuro che la *mine aux mineurs* è un non senso tecnico ed economico; basta un es.: Nel 1890 a Brocken Hill, per un moderno tentativo di organizzazione sociale, i proprietari delle miniere si accordarono cogli operai, lasciando ad essi lo sfruttamento delle miniere e l'organizzazione delle condizioni di lavoro. Una rapina inaudita di minerale, che compromise quelle miniere, delle perdite considerevoli di danaro ed una infinità di sinistri, fecero nel 1895 abbandonare, con reciproca soddisfazione degli interessati, l'originale esperimento.

Amministrazione. — Al pari di tutte le industrie quella delle miniere dà luogo alle combinazioni finanziarie più diverse: *L'affare minerario* nasce quando, con opportuni lavori di ricerca, si è messo in vista una certa quantità di minerale, che può essere utilmente coltivata.

Generalmente, dopo breve termine, se il giacimento è pro-

mettente, l'affare si trasforma, per rinascere su basi finanziarie maggiori colla *miniera*. Lo sviluppo di una miniera, è sempre subordinato a capitali ingenti per gli impianti destinati a rendere possibile ed economica su larga scala la coltivazione del giacimento. Si ha quindi in generale a lato l'affare bancario.

556. Col crescere d'importanza la miniera esige una divisione nelle mansioni del personale. La prima è una netta separazione fra il servizio tecnico e quello amministrativo. Il servizio tecnico richiede un direttore dei lavori, dal quale generalmente dipendono l'ingegnere capo dell'interno e quello dell'esterno. Il primo avrà sotto i suoi ordini immediati i capi sezione, se la miniera comporta la divisione in sezioni distinte, e questi i capi servizio, i rilevatori, i caporali maggiori, caporali, sorveglianti ecc. e cioè tutto il personale adibito ai lavori sotterranei. L'Ingegnere capo dell'esterno avrà alla sua dipendenza i servizi di costruzione, i trasporti, le stazioni generatrici di energia, i forni di calcinazione, ecc., gli opifici di preparazione del minerale, le officine meccaniche di riparazione, ecc.

Il servizio amministrativo comprenderà un Capo contabile e gli impiegati necessari alla contabilità della mano d'opera, dell'acquisto merci e del magazzeno: oltre ciò vi saranno impiegati addetti all'immatricolazione degli operai, al servizio infortuni ecc.

Il servizio commerciale, in generale, fa capo all'amministratore delegato nelle Società anonime, od al Consiglio d'amministrazione, al gerente nelle Società in accomandita o al direttore gerente, il quale è coadiuvato in questo ramo da speciali impiegati ed agenti commerciali.

Naturalmente nelle miniere di piccola importanza tutti questi servizi si trovano riuniti in poche persone.

Alla contabilità amministrativa deve far riscontro la contabilità tecnica: la prima a causa della precisione e della complessità delle operazioni, che abbracciano tutto lo svolgersi dell'azienda, è per sua natura lenta; la seconda, che riguarda esclusivamente il lavoro e la produzione, deve essere rapida: essa deve ridursi ad un'analisi delle spese rapportata ai prodotti, ed aver lo scopo principale di dare al tecnico, precisato per ogni lavorazione, il costo della produzione.

In molte contabilità si forniscono agli amministratori gli *stati mensili*, che comprendono le spese di produzione del mese ripartite nei vari titoli. Generalmente è distinta la mano d'opera dai consumi. La prima è divisa in mano d'opera all'interno, od allo

scavo, e mano d'opera all'esterno. Questa comporta delle speciali ripartizioni, secondo riguarda trasporti, preparazione meccanica, officine di riparazione, ecc. — I consumi si ripartiscono analogamente fra l'interno e l'esterno, e si raggruppano per qualità, così legnami, ferri, combustibili, lubrificanti, ecc.

La parte tecnica, mensilmente nelle miniere di carbone ed a intervalli più brevi nelle coltivazioni metallifere, redige lo *stato generale dei cantieri* in appositi moduli, tenendo conto degli stock di materiale abbattuto e non ancora portato all'esterno, dei salari, dei consumi, delle spese di trasporto, di elaborazione del materiale, ecc.

Al termine di campagna, si procede alla formazione del bilancio, tenendo conto all'attivo degli immobili, al valore netto, dedotto cioè l'ammortizzo precedente, degli stock di minerale, dell'inventario di magazzeno, dei conti debitori, e della consistenza di cassa, ed al passivo del capitale di riserva, obbligazioni, ipoteche, e infine conti creditori diversi.

557. **Infortuni.** — Purtroppo tutte le estrinsecazioni dall'attività umana esigono delle vittime: vittime del lavoro intellettuale, vittime del lavoro manuale. A questa legge pure le miniere pagano il loro tributo, ma è errata la credenza fra i profani che il lavoro delle miniere sia particolarmente e fortemente pericoloso: sulla fantasia pòpolare impressionano solamente quei grandi disastri che volta a volta fortemente commuovono la pubblica opinione, lasciano lunga eco, e che hanno soventi per doloroso teatro le miniere di carbone con grisou: gli infortuni che accadono alla spicciolata, ma con frequenza dolorosa in altre industrie, sfuggono all'apprezzamento della pubblica opinione, pur essendo ben più gravi nel loro complesso di quelli del lavoro minerario!

È del resto confortevole verificare che la percentuale degli infortuni nelle miniere va diminuendo ovunque: In Inghilterra dal 1851 al 1855 la mortalità per accidenti nelle miniere fu del 4.3 °/₀₀, dal 1876 al 1880 del 2.3 °/₀₀ e dal 1899 al 1904 del 1.3 °/₀₀. Da noi le cifre sono meno eloquenti e nel 1904 la proporzione fu ancora del 2.43 °/₀₀. Il maggior numero degli infortuni che lamentiamo avviene nelle solfare siciliane, dove ai franamenti di roccia, alle esplosioni, alle asfissie che insidiano i lavoratori, s'aggiunge anche la condotta dei lavori, non sempre tecnicamente buona, specialmente nelle numerose piccole solfare. Nel 1905 si ebbero 3.51 °/₀₀ di operai sinistrati, di cui il 2.19 °/₀₀ morti.

Molto più promettenti sono le cifre che riguardano i lavori

delle miniere di Sardegna, dove la mortalità fu nello scorso anno del 0.8‰ e cioè fra le più piccole delle regioni minerarie d'Europa.

In generale le cause d'infortuni nelle miniere sono dovuti ai colpi di mina, alla soffocazione per sviluppi di gas, a esplosioni o incendi sotterranei, alle irruzioni d'acqua, a guasti di macchinario, ecc. Presso noi gli inopinati scoscendimenti di roccie tengono il primo posto come causa d'infortuni.

558. *Malattie professionali.* Alcune lavorazioni minerarie sono direttamente dannose alla salute degli operai, altre indirettamente: fra le prime si annoverano quelle nelle quali per l' inspirazione oppure per l'assorbimento di sostanze venefiche, come gas, vapori o polveri metallifere, ecc. si producono intossicamenti negli operai; fra le seconde si riuniscono generalmente le malattie che si ritengono prodotte dalla continuata aspirazione di polvere o dagli squilibri di temperature cui sono soggetti i minatori, da soggiorno in posti umidi o male ventilati. Le statistiche al riguardo somministrano dati poco precisi, perchè esse implicitamente riflettono le condizioni etniche, di vita e dell'ambiente dei minatori, oltrechè le condizioni climateriche della contrada.

L'aria nelle miniere profonde è generalmente a temperatura costante ed asettica. Tuttavia v'ha una malattia infettiva nelle miniere assai importante, che si è diffusa in molte contrade all'estero ed anche da noi in Sicilia, l'*ankilostomiasi,* che porta anche il nome di *anemia dei minatori.* Essa, in verità, è originaria dei paesi caldi, ma propagatasi per larve, trovò in Europa condizioni favorevoli di sviluppo nel clima caldo e umido delle miniere.

558. L' *ankilostoma duodenale* fu scoperto nel 1838 dal Dubini, e nel 1880 lo ritrovò nei lavoratori del Gottardo. Le misure profilattiche consistono specialmente nella pulizia personale e dei sotterranei, allo scopo di evitare la possibile ingestione delle larve che determinano poi la malattia.

Le pneumoniti e le malattie della pleura e dei bronchi sono dovunque comuni fra i minatori. In Sicilia ed in Sardegna tali malattie si complicano colle infezioni malariche.

Gli intossicamenti dovuti ad ossidi metallici od a vapori, si combattono con le norme igieniche e coi presidi medici.

Le miniere generalmente provvedono nella misura del possibile a lenire l'entità degli infortuni, e le conseguenze delle malattie del personale.

La prevenzione degli infortuni è esercitata continuamente dal personale tecnico delle miniere, anzi è questa una delle sue prin-

cipali mansioni, e dagli ingegneri governativi. Vi sono disposizioni legislative al riguardo che è necessario conoscere.

Nelle miniere si tengono sempre pronti per l'impiego gli apparecchi ed i mezzi di salvamento che sono consigliabili nelle diverse lavorazioni, sia per penetrare negli ambienti irrespirabili, come per trasportare i feriti, per apprestare loro i presidi d'urgenza: soventi si dispone anche di personale addestrato per i salvamenti e per le prime cure medicali.

Gli ospedali delle miniere — stabiliti dove gli ospedali civili sono lontani dalle lavorazioni o difficilmente accessibili — talvolta sono mantenuti dalle Amministrazioni Minerarie ma più soventi concorre nelle spese anche il personale con ritenute sulle paghe.

In alcuni paesi all' estero sono imposte dalla legge delle casse di soccorso per gli operai ammalati e le loro famiglie, amministrate da coloro che concorrono nella spesa che esse esigono. Il Belgio specialmente ha svariati esempi di queste istituzioni.

Minerali e campionatura.

559. I minerali in senso minerario, e cioè come li considera il minatore, differiscono dai minerali propriamente detti, quali cioè studia la Mineralogia, sotto diversi aspetti, e principalmente perchè i primi non possiedono la composizione chimica definita che costituisce una delle caratteristiche dei secondi. Nei trattati di mineralogia la descrizione delle varie specie è accompagnata, infatti, da *formole,* che ne indicano la composizione e la costituzione chimica: negli scritti minerari generalmente si accenna, invece, pei minerali al solo *tenore*, ossia alla percentuale di sostanza utile che essi contengono, e questo dato non è affatto una caratteristica, poichè non è costante, della specie che si considera.

La *galena,* ad es. ha per formula Pb S, e quindi la sua ricchezza in piombo è 86 %; ma il tenore in piombo delle galene estratte dalle miniere, può essere qualunque: 15, 30, 50... %. — Quando tale tenore scende al limite per cui la galena non ha valore mercantile sulla miniera, essa perde la qualità di *minerale* agli occhi del minatore, che allora la distinguerà altrimenti, ad es. col nome di *seconda povera, terza, materiale mineralizzato,* ecc.

Il concetto della composizione definita e costante, proprio alle specie mineralogiche, non è rigoroso: le differenze eventual-

mente riscontrabili fra le analisi di esemplari di diversa provenienza di una data specie mineralogica, sono però sempre d'un ordine di grandezza che non è neppur paragonabile con quello che può esser relativo ad analisi di uno stesso minerale proveniente da diverse miniere.

Mentre però la composizione chimica non è soventi criterio sufficiente per la determinazione della specie mineralogica, il *tenore* dei minerali di miniera basta, in generale, per definirli dal punto di vista minerario. Solo nei casi di minerali molto impuri, che cioè, contengono degli elementi che complicano singolarmente il trattamento metallurgico, il solo tenore in sostanza utile non è sufficiente a precisare il minerale in senso minerario.

560. I minerali si dividono, a seconda del loro tenore, in *ricchi*, *medi* e *poveri:* Sono queste distinzioni affatto relative, e dipendenti in ogni miniera specialmente dalla ricchezza massima offerta dai minerali della regione, e dal valore della sostanza che contengono. In Slesia, ad es., ove le calamine hanno costantemente un tenore assai basso relativamente alle nostre, sono ricche delle calamine da noi considerate invece povere. — I minerali di mercurio con qualche unità per cento sono ovunque ricchi, mentre i minerali di piombo a parità di tenore, sono più che poveri.

Del resto la relativa ricchezza o povertà dei minerali dipende da molte circostanze: Nei paesi d'accesso difficile o di penosa permanenza pel clima poco salubre, eccessivamente caldo o rude. come ad es. nelle Guiane o nel Klondike il minerale d'oro con un'oncia d'oro per tonnellata è considerato povero, mentre quasi ovunque il minerale d'oro con un'oncia d'oro (venti grammi) è ricco. I *placers* di California o d'Australia danno, infatti, del minerale a soli tre grammi la tonnellata, che non può dirsi povero, poichè si trattano oggi delle alluvioni a solo qualche decigrammo d'oro al metro cubo.

Il minerale più povero di una miniera è quello che corrisponde al *tenore minimo* che si potrebbe adottare nelle spedizioni, e questo tenore minimo riesce ragionevolmente determinato dalla convenienza economica della produzione. È ovvio, infatti, che nelle particolari circostanze di ogni miniera, non vi sarà convenienza a produrre minerali al disotto di un dato tenore, e precisamente al disotto di quel tenore per cui il costo del minerale ne eguaglia il valore.

Detto T il tenore di un minerale metallifero, V il corso del metallo, ed indicando con S_e tutte le spese inerenti alla produzione del minerale nella miniera (interessi dei capitali, spese gene-

rali, spese d'estrazione e di preparazione meccanica, ecc.); con S_t le spese di trasporto del minerale alla fonderia; riunendo infine in S_f tutte le spese relative al trattamento metallurgico del minerale (spese di fusione, ammortamento, cali, ecc.) ne seguirà che il valore P sarà: $P = T\,V - (S_c + S_t + S_f)$.

Considerando questa espressione, si vede che il tenore minimo T_m del minerale dipende da molti coefficienti, poichè S_c, S_t, S_f sono implicite funzioni di T_m, di cui solo un attento esame permetterà di valutarne la relativa importanza. Apparisce però subito che il tenore minimo diminuirà coll'aumentare del valore del metallo: così ad es. molte blende, che non erano commerciabili, perchè troppo povere, quando lo zinco valeva 14 sterline la tonn., sono oggi attivamente coltivate perchè lo zinco è salito a 20 Ls.

Vedesi ancora come una diminuzione nell'interesse dei capitali, l'adozione di sistemi economici di abbattimento o di preparazione, ecc., possano rendere coltivabili giacimenti che prima, economicamente parlando, non lo erano. Ed anche l'apertura di canali, di ferrovie, ecc., ed in generale l'adozione di mezzi economici di trasporto, può permettere lo sfruttamento di minerali che in altre condizioni non sarebbero coltivabili con profitto: così i minerali di manganese di Koutais nel Caucaso, che contengono il 45 % di metallo, si coltivarono dopochè fu aperta la ferrovia da Tiflis a Poti: Quelli di ferro di Luossavaara e Kiirunawaara lo divennero dopo l'allacciamento ferroviario del fiord di Ofoten.

È infine evidente che la perfezione dei processi metallurgici, il buon mercato dei combustibili, ecc. rendono commerciabili minerali altrimenti non coltivabili. Così mentre prima del 1880 la defosforazione della ghisa costituiva un'operazione così costosa che non era neppur praticata, colla adozione dei rivestimenti refrattari basici negli apparecchi siderurgici, si ottenne l'eliminazione del fosforo in modo semplice e quindi economico; ne seguì che molti giacimenti di minerali prima trascurati, perchè fosforosi, furono attivamente coltivati. — Nella Slesia si coltivano delle calamine a tenore assai basso, per il mite costo che hanno colà il carbone e la terra refrattaria, necessari al trattamento metallurgico, (v. n. 129).

561. *Determinazione del tenore dei minerali.* — È questa una operazione chimica, che va generalmente condotta con criteri commerciali, uniformando, cioè, i processi analitici alle esigenze della consuetudine e delle fonderie. Effettivamente queste determinazioni servono il più soventi come base alle contrattazioni commerciali e tendono a precisare quanto *rende* in sostanza utile il minerale.

I procedimenti che servono per queste determinazioni sono talvolta semplicemente meccanici, come per stabilire il rendimento in oro di sabbie aurifere: altre volte sono fisici e consistono principalmente in semplici distillazioni, come, ad es. per determinare lo zolfo contenuto nel minerale solfifero o la proporzione dei diversi oli in un petrolio grezzo: più soventi, infine, sono chimici, e costituiscono processi studiati dalla docimastica. Noi non ci occuperemo delle analisi meccaniche, fisiche o chimiche in uso per la determinazione del tenore dei minerali, rimandando il lettore alle opere speciali, ma considereremo invece come si deve compiere il prelevamento dei campioni destinati alle analisi chimiche, e distingueremo due casi, e cioè, di dover prelevare i campioni direttamente dalla miniera (v. n. 157), oppure da mucchi di minerali già preparati.

Pel primo caso faremo ancora una distinzione per considerare un giacimento esplorato in modo rudimentale od un giacimento in coltivazione.

Il primo di questi due ultimi casi è evidentemente il più sfavorevole all'esatta conoscenza del tenore del minerale che costituisce il giacimento, poichè manca la perfetta conoscenza del giacimento stesso. Debbono allora soccorrere il più possibile le cognizioni di geologia mineraria, e la presa dei campioni in questo caso deve essere affidata a pratici competenti in tale disciplina. E quando trattasi di compravendita di permessi di scavo o di diritti minerari, occorre nella campionatura della miniera procedere con molta circospezione, per non incappare nelle scaltrezze, non infrequenti, degli interessati, intese a far apparire ricca la miniera, che non rifuggono talvolta da vere frodi, col preparare artificialmente i cantieri, ossia, come si dice comunemente, *salando la miniera.*

Queste frodi sono relativamente facili a compiersi con minerali di elevato valore, per cui occorre in tali casi abbondare nelle precauzioni, facendo eseguire opportuni lavori per ricavare dei campioni genuini del giacimento. Sarà sempre utile, in questi casi, compiere la campionatura sulla scorta dello schizzo topografico-geologico più esatto che si possiede del giacimento e dei lavori in esso condotti, e si avrà cura di scegliere campioni di ogni varietà che presenta il giacimento, come dalle masse di minerale che si mostrano intatte e da quelle decomposte, il tutto raccolto in modo che i campioni rappresentino la media ricchezza delle parti da cui provengono.

Ogni campione sarà numerato ed i numeri corrispondenti saranno riportati sul disegno o schizzo del giacimento, in modo di rendersi conto della loro esatta provenienza. Se trattasi di alluvioni,

converrebbe possedere l'intera serie di campioni regolarmente presa in diverse sezioni del giacimento: Così pure quando si tratta di antiche discariche, di cumuli di minerali, ecc.

Quando la campionatura del giacimento non ha semplice scopo commerciale ma anche interesse scientifico, per ben conoscere la natura del giacimento che si tratta di coltivare, la presa dei campioni deve estendersi a tutte le parti mineralizzate ed alle roccie incassanti che possono concorrere a far conoscere nel miglior modo il giacimento. Oltre quindi i campioni di minerale, si prenderanno campioni delle matrici e delle salbande, se trattasi di filoni, delle roccie che comprendono il giacimento, prossime e ad una certa distanza da esso, sia al tetto come al muro, ecc. se il giacimento ha altra origine. Si curerà la ricerca dei fossili nei terreni adiacenti, se trattasi di regioni poco note, e si raccoglierà màteriale dagli altri giacimenti analoghi della regione se ne esistono, dalle roccie eruttive che sembrano in relazione col giacimento, ecc.

562. Quando trattasi invece di campionare una miniera, i registri forniranno documenti molto utili per determinare il tenore dei minerali che si coltivarono: questi dati saranno completati dai disegni che rappresentano le zone coltivate. Fra i documenti più attendibili sono da ricordarsi le bollette di trasporto e le fatture del minerale ricevuto dalle fonderie. Sarà prudente diffidare delle pubblicazioni ufficiali di certi paesi, nelle quali sono accolti senza alcun controllo i dati forniti dagli esercenti interessati.

Se la miniera è in coltivazione, sarà molto facile, cantiere per cantiere, prelevare da ogni vagonetto di minerale che esce un opportuno campione: occorrerà naturalmente visitare prima i cantieri e seguirne in seguito la coltivazione.

Se invece la miniera giace abbandonata, colla scorta dei piani si ritornerà ove era nota la presenza di minerale, per prelevarne i campioni, usando sempre l'avvertenza di classificarli e di riferirne la posizione sul piano topografico.

Più i campioni raccolti con criterio nei singoli cantieri sono numerosi, e più da essi si avrà approssimata conoscenza del valore della mineralizzazione e del suo andamento.

Converrà, in generale, per ogni campione fare una singola analisi, salvo raggrupparne in seguito i risultati. Quando però i campioni fossero troppo numerosi ed inadeguato riuscisse il lavoro analitico per il risultato che si vuole ottenere, si potrà con criterio riunire i campioni provenienti da una stessa parte del giacimento o da uno stesso cantiere. Ma queste riunioni possono evidentemente

causare forti errori se non sono fatte da chi raccolse i campioni, e se questi non fece un esame accurato di ogni cantiere, in modo di poter attribuire ad ogni singolo campione l'importanza che gli compete nel complesso della mineralizzazione, dosandolo, in certo modo, nella composizione del campione finale.

Ciò posto, occorrerà in ultimo prelevare da una certa massa di minerale il campione destinato ai saggi, il quale dovrà rappresentare colla maggior approssimazione possibile il tenore medio della massa da cui proviene. Il procedimento da adottarsi sarà, evidentemente, diverso secondo la natura del minerale, ed essenzialmente secondo il suo valore. È naturale che la campionatura dovrà essere tanto più esatta quanto più il minerale ha valore. Così mentre nelle analisi dei minerali di ferro un'unità di ferro può rappresentare la latitudine media delle analisi commerciali, per lo zinco, ad es., metallo di maggior valore, tale latitudine non è più ammissibile e viene ridotta a mezza unità, e pei minerali preziosi il limite di tolleranza si restringe solo a qualche decigrammo per tonnellata.

563. Pel prelevamento dei campioni dagli stocks di minerale occorre disporre lo stock in forma geometrica e poi prelevare dei campioni elementari, supponendo nella massa da campionare un regolare tracciato di piani ortogonali fra di loro, in guisa da suddividere lo stock in tanti elementi geometrici eguali: per ogni elemento si preleva un campione.

Quando il minerale costituisce delle discariche o dei giacimenti, non può evidentemente aver forma regolare: si prelevano tuttavia i campioni nel modo anzidetto, supponendo divisa la massa in volumi elementari e prendendo per ognuno un campione conveniente. Possono in questi casi utilmente condursi attraverso la massa di minerale delle trivellazioni verticali in punti geometricamente determinati, e prelevare a profondità determinate i campioni.

Quando, invece, il minerale viene nel trattamento trasportato da un punto in modo continuo ad un altro, per la campionatura conviene derivarne una corrente, pure continua, che rappresenta la quota parte destinata al campione. Praticamente si prende, più soventi, un campione elementare a determinati intervalli di tempo dalla corrente principale di materiale. Si usa quindi, ad es. se il materiale vien posto nei sacchetti, prelevarne uno ogni 10-15, che si pone in disparte per fare il campione: se il minerale si trasporta in vagonetti, trattenerne uno ogni $15 \div 20$. Quest'ultima campionatura riesce però più incerta della precedente, perchè è evidente che conviene piuttosto prelevare frequentemente piccole

quantità di minerale, anzichè sottrarre per la campionatura quantità discrete di minerale a lunghi intervalli. In generale per avere una campionatura attendibile, è consigliabile che il minerale sia in pezzi presso a poco di dimensioni eguali. Se il minerale è *tout venant*, il prelevamento del campione dà risultati sempre poco sicuri.

564. Il prelevamento del campione è soventi fatto con speciali apparecchi.

Il campionatore Brunton (fig. 189) consiste in un condotto verticale lungo il quale cade il minerale: un albero orizzontale animato di movimento di va e vieni, attraversa il condotto e a determinati intervalli, relativamente frequenti, fa cadere lateralmente un poco del materiale che percorre il condotto: così si forma il campione. All'uopo inferiormente al condotto A vi è un distributore mobile D: nella posizione figurata, il materiale che cade da A, è guidato nel condotto B, ma è evidente che se il distributore D, imperniato in H, si sposta a sinistra, il minerale cadrà invece in C. — Se per 10″, ad es. il distributore mantiene la posizione D^1, e per 1″ quella D'', nel condotto B evidentemente si raccoglierà 10 volte più materiale che in quello C. Lo spostamento del distributore D a periodi diseguali si ottiene facilmente, ad es., colla disposizione rappresentata: l'asta E, che comanda il distributore, ha due camme I e I'', che sono spostate lateralmente da piuoli che si fissano nei fori di una puleggia T, la quale gira con moto uniforme: Colla diversa posizione dei piuoli sulla circonferenza T, evidentemente si regolano gli intervalli di tempo che devono correre fra gli spostamenti del distributore.

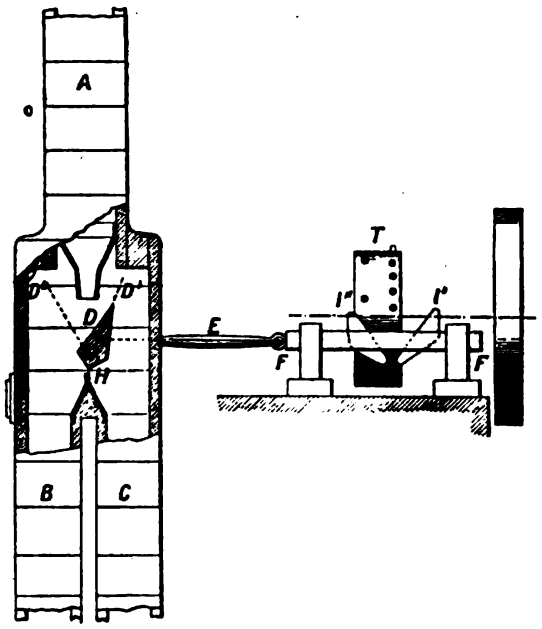


Fig. 189.

565. Il campionatore Bridgmann, è più complesso del precedente: un piatto (fig. 190) circolare è posto superiormente all'imbuto BC nell'apparecchio, e porta otto finestrelle radiali. Esso gira

orizzontalmente su un albero verticale con la velocità di 5 giri al minuto. Una delle finestrelle è in comunicazione colla periferia di un secondo piatto inferiore, mentre le altre finestrelle sono in relazione al centro dello stesso piatto, che è aperto. Questo secondo piatto *D E* è conico e ruota in senso inverso al precedente con la velocità relativa di 15 giri: esso è munito di due sole finestrelle, opposte, periferiche e di un'apertura centrale, nella quale quindi si convogliano i $^{7}/_{8}$ del materiale separato sopra. — Il secondo disco riduce quindi con prese successive il materiale derivato dal disco superiore; questo secondo campione, cadendo sopra un terzo disco *F*, pure a due finestrelle, animato da moto inverso al precedente, riduce nuovamente il campione per portarlo al volume definitivo. Questo materiale è raccolto in *I* mentre il minerale cade in *M N*. Il volume del campione *I* risulta nel campionatore $^{1}/_{128}$ del volume del materiale che cade da *A*.

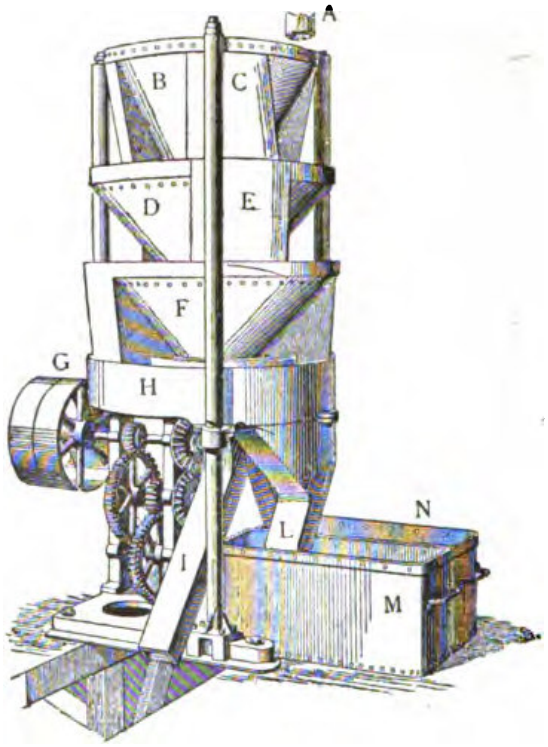


Fig. 190.

Come si vede dalla figura, il campionatore Bridgmann è mosso meccanicamente mediante imbocchi conici, i quali impartiscono il movimento rotatorio ai tre alberi coassiali che portano i piatti separatori del materiale.

Questo campionatore esige il materiale frantumato in pezzi di 20-30 mill. di diametro.

566. Quando la massa sottratta per la campionatura ha peso rilevante, il che sempre succede trattandosi di forti partite di minerali, è necessario procedere alla presa del campione dalla massa separata. Si macina allora il minerale e lo si ripassa in apparecchi riduttori analoghi ai precedenti, oppure si procede ad una divisione del materiale col metodo dei mucchi, detto anche dei *quarti*.

Disposto il minerale a formare un cono, dopo averlo ben palleggiato e distribuito con cura sopra un'area piana opportuna-

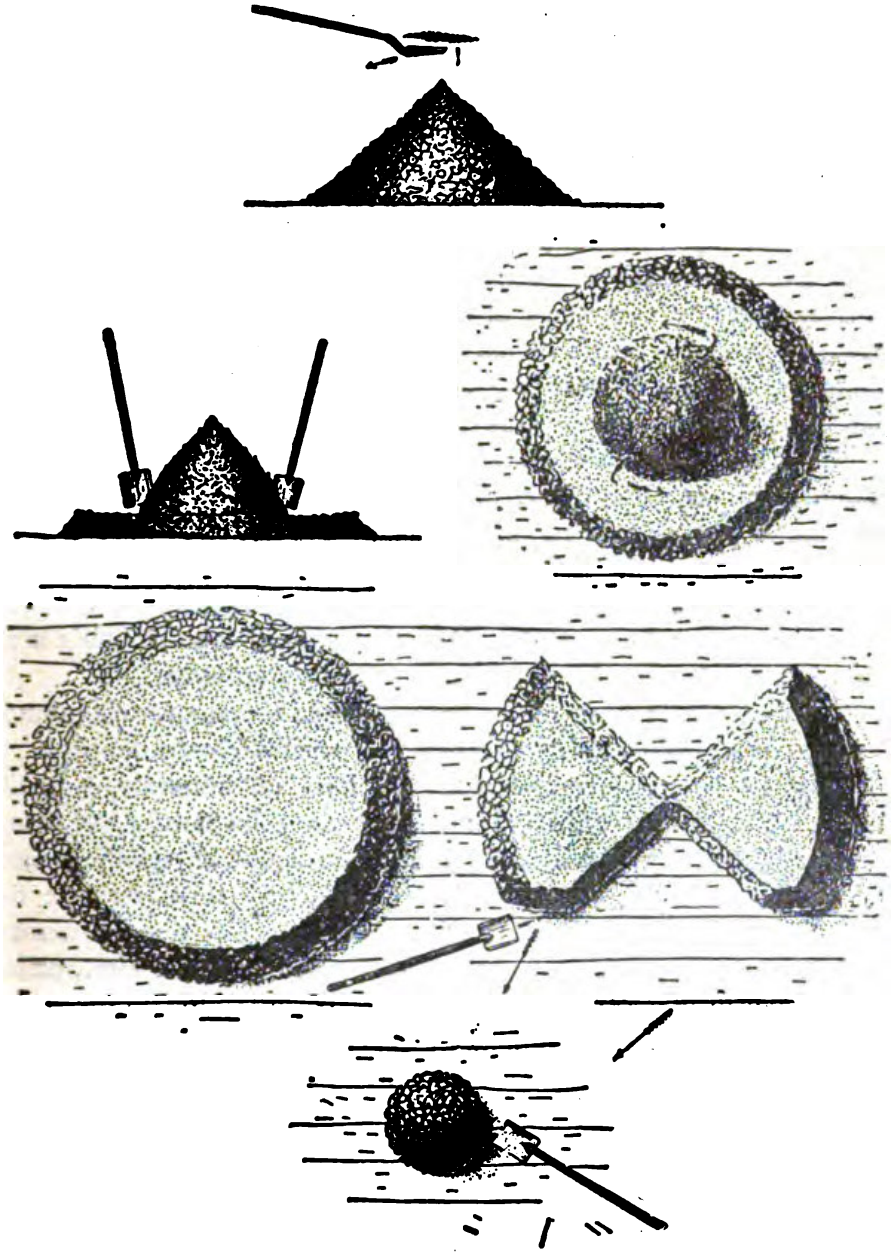


Fig. 191.

mente preparata, si fa scoscendere il vertice del cono sopra la superficie conica in modo da ridurre il cono ad un tronco di cono.

Si divide allora il tronco di cono in quattro settori mediante due piani normali, passanti per l'asse verticale, e si scelgono due settori opposti. Si eliminano i settori non scelti e il materiale dei settori scelti viene macinato per ridurlo a un maggior grado di finezza, oppure se ne frantumano i pezzi grossi: si paleggia poscia il minerale a formare un nuovo cono, il quale subisce le stesse variazioni del precedente, e così via.

Nella fig. 191 è rappresentata la successione delle operazioni. Formato il primo cono, facendo cadere il materiale sul vertice e raccogliendo quello più grosso alla base, che rotto, è poscia distribuito uniformemente sulla superficie, lo si fa scoscendere a formare un tronco di cono regolare di 0.30 ÷ 0.60 d'altezza, che viene poi diviso in quattro parti, di cui due opposte, scelte a caso, sono eliminate, mentre il materiale dei due settori rimanenti è palleggiato alternativamente da due uomini a formare un nuovo cono.

Il minerale durante l'operazione subisce successive rotture e quando è ridotto a 100 kg. di peso, deve passare completamente per maglie 7-8 mill. Il campione finale di 5 kg. circa deve passare per maglie di 2 mill. Si prendono infine da questo campione i tre saggi finali, di cui due passano alle parti contraenti ed il resto rimane per eventuale controllo. Questi campioni sono chiusi in scattole di latta che avvolte in carta, vengono suggellate.

La forma e la costruzione della scattola ha importanza quando si tratta di campionature delicate ed è possibile la frode.

567. La prima determinazione da farsi sul minerale, è quella dell'umidità. È evidente che l'umidità varia colla natura dei minerali: quelli fini o argillosi contengono più acqua di quelli grossolani e quarzosi. La determinazione dell'acqua igrometrica o del grado di umidità del minerale si compie con una doppia pesata, condotta sul campione prelevato, polverizzato a circa 1 mm., prima e dopo averlo essiccato a 100°-120° e lasciato poscia raffreddare in ambiente secco. Determinata l'umidità, si introduce il campione prelevato nei flaconi pel trattamento chimico.

PARTE QUINTA

PREPARAZIONE DEI MINERALI

CAPITOLO XVIII.

Concentrazione dei minerali

Generalità sull'arricchimento. — Preparazione a mano - Spezzature - Cernite.

Preparazione meccanica. — Spezzatura - Classificazione - Arricchimento meccanico - Impianto di laverie.

Generalità sull'arricchimento.

568. Quando nelle miniere non si ottengono direttamente i minerali ad un grado di purezza sufficiente per essere commerciabili, si *arricchiscono*, ossia si *concentrano*, con opportune *preparazioni*, le quali possono condursi a mano o meccanicamente. Così, se la miniera produce combustibili soverchiamente inquinati di sostanze sterili, può convenire di non venderli quali escono dai pozzi, ma bensì purificarli dalle sostanze litoidi che li accompagnano: si riduce in tal modo il peso da trasportare e si aumenta il potere calorifico del combustibile, ed è naturale, quindi, che il carbone così *preparato* acquisti maggior valore mercantile.

La *preparazione* dei combustibili fossili ha grande importanza nei distretti dove si coltivano strati di carbone sottili come, ad es., nel Belgio e nel nord della Francia. I carboni che escono dai pozzi sono colà impuri, e la preparazione è sempre condotta meccanicamente, sia per trattare le grandi quantità di materiale date dalle miniere carbonifere, sia perchè il trattamento riesca di poca spesa, come è necessario per minerale di valore basso.

In qualche caso la preparazione dei combustibili si limita ad una semplice separazione degli elementi del materiale in categorie di grossezze differenti. — Così le antraciti sono poste in commercio divise per qualità secondo la grossezza dei pezzi: È evidente, in-

fatti, che ad es. il trito d'antracite, che non servirebbe per riscaldamento domestico, nè nei gassogeni, serve invece assai bene per fabbricare del carburo di calcio o per cuocere della calce. Ogni consumatore, se la miniera compie la classificazione dei carboni, riceve la qualità che più gli conviene e la miniera riesce così a vendere alle migliori condizioni tutto il suo prodotto.

Alla separazione per grossezza dei carboni, ossia alla classificazione per volume, sovente s'accoppia una *cernita* sommaria sulle spezzature grosse, per eliminare lo schisto: questa cernita, naturalmente, si compie sui carboni impuri, e viene limitata al grado necessario per avere il combustibile della purezza richiesta dal mercato.

Le spezzature più minute, quando occorre purificarle dallo sterile, si trattano in speciali apparecchi ad acqua, nei quali la separazione del carbone dallo sterile si compie in grazia della densità diversa dei due materiali.

Gli opifici meccanici destinati a questi trattamenti, ed a quelli analoghi pei minerali metalliferi, prendono il nome di *laverie*.

Noi non ci indugieremo sulla preparazione dei combustibili, perchè non offre particolare interesse pel nostro paese, privo di miniere carbonifere di qualche importanza: D'altra parte, nelle sue linee generali, la preparazione dei carboni non differisce dal punto di vista meccanico, dalla preparazione dei minerali metalliferi, per noi più interessante e della quale ci occuperemo bentosto. Solo si può osservare che, per essere le qualità di carbone costituite da piccoli elementi assai meno pregiate delle qualità in grossi pezzi, tutti gli apparecchi meccanici, che servono alla classificazione per grossezza dei carboni ed alla loro purificazione, riflettono la preoccupazione dei costruttori di produrre la minor quantità possibile di fino.

Malgrado ciò, nelle successive lavorazioni che subiscono i combustibili fossili, si produce sempre una certa quantità di tritume, che si cerca di utilizzare nel miglior modo: alla preparazione propriamente detta dei carboni, si allacciano quindi sòventi due altre operazioni, di carattere piuttosto metallurgico, e cioè; l'*agglomerazione* e la *fabbricazione del cok* per utilizzare il trito.

569. La *distillazione* che si fa subire ai petroli naturali, ha pure per scopo di ottenere dal prodotto naturale altri prodotti, assai più pregiati di quello da cui provengono. — Colla distillazione si separano, infatti, dal petrolio naturale, che in tale stato ha applicazioni assai limitate, gli eteri, le benzine, i petroli lampanti

che sono poi raffinati, gli oli densi da macchine, la vasellina, ecc.; prodotti tutti assai ricercati in commercio. Queste distillazioni e raffinazioni costituiscono quindi una preparazione del minerale *petrolio*.

570. Le preparazioni che subiscono gli altri minerali sulla miniera, hanno lo scopo principale di eliminare le materie sterili, in modo che esse non abbiano a gravare sulle spese di trasporto. La preparazione, che in questo caso mira ad un *arricchimento* del minerale in materia utile, è quindi tanto più importante quanto più elevato è il costo del trasporto cui deve sottostare il minerale prima di giungere al luogo di trattamento, e quanto più il materiale, che proviene dalla miniera, è povero in sostanze utili, e cioè ha tenore basso. L'arricchimento del minerale tende inoltre, in alcuni casi, a diminuire le spese di trattamento nelle officine metallurgiche: è chiaro, infatti, che le spese di trattamento dei minerali sono sovente proporzionali al peso del materiale trattato: conviene quindi rendere, per quanto possibile, questo peso minimo, sottraendo al minerale la maggior parte del materiale sterile che contiene.

L'arricchimento di alcuni minerali si ottiene con operazioni termiche. Così, ad es., si *sublima* lo zolfo del minerale di zolfo: rimane come residuo il calcare del minerale o *rosticcio*, che s'abbandona sulla solfara: analogamente si trattano i minerali di mercurio e d'arsenico; si *liquatano* i minerali d'antimonio e di bismuto allo scopo di separare la parte metallifera dalla ganga.

Si *calcinano* sulla miniera le calamine per espellere l'anidride carbonica che contengono, che rappresenta, secondo il tenore, dal 20 al 40 % del peso del minerale. — Talvolta invece si fa subire al minerale una *fusione per scorie povere* che si abbandonano nella miniera, mentre si trasporta la parte concentrata, più metallifera del minerale: questo processo è adottato in larga scala pei minerali di piombo in alcune contrade, ove si produce il *piombo d'opera* sulla miniera: il metallo così ottenuto è venduto alle grandi fonderie che lo raffinano. — Alcuni minerali di oro e di rame subiscono sulla miniera allo stesso scopo una fusione di concentrazione per prima *metallina*, ecc.

In altri casi l'arricchimento dei minerali si ottiene con operazioni per via idrica: così, ad es., taluni minerali poveri di rame sono solfatizzati e poi lisciviati, e dalle soluzioni il rame è poscia precipitato con ferro sotto forma di *cementi*.

Queste trasformazioni chimiche, ottenute per via ignea od

idrica, non sono generalmente contemplate dalla preparazione dei minerali propriamente detta: lo studio appartiene alla metallurgia.

571. La preparazione dei minerali considera piuttosto le operazioni d'arricchimento che si fondano sulle proprietà fisiche dei minerali stessi. Il problema si può quindi formulare così: date le proprietà fisiche diverse di diversi minerali, valersi di esse per compierne la separazione secondo la specie mineraria: si giunge così implicitamente all'arricchimento propriamente detto del minerale, che interessa cioè il minatore.

Nella separazione dei minerali si trae partito delle loro proprietà fisiche più diverse: così, ad es., nelle miniere del Capo si separano talvolta i diamanti dal corteo delle altre pietre dure che li accompagnano, valendosi della particolare adesività che i diamanti possiedono pei grassi.

Nel processo *Elmore* si separano alcuni minerali solforati metalliferi da altri, valendosi del fatto che mentre taluni solfuri sono bagnati e quindi affondano, altri galleggiano negli oli minerali densi. Processi analoghi si fondano su fenomeni di tensione superficiale di soluzioni di sali (ad es. del bisolfato di sodio). Tutti questi processi di separazione, fondati sull'impiego di oli, o di soluzioni saline, hanno però fino ad ora poca importanza pratica.

572. Le *proprietà magnetiche* sono largamente utilizzate nella separazione di alcuni minerali metalliferi dalle ganghe. — I minerali magnetici, come la magnetite e le piriti nichelifere, si possono facilmente separare dalle sostanze litoidi che li accompagnano per mezzo di elettro-calamite. Questa operazione è oggi condotta anche sopra materiali naturalmente non magnetici, purchè con speciale trattamento si possano rendere magnetici: Così, ad es., il carbonato di ferro mediante una calcinazione opportuna è trasformato in ossido magnetico.

573. Dal 1900 si fece un notevole passo avanti nella separazione magnetica dei minerali coi campi magnetici molto intensi, ottenuti col condensare in piccolo spazio fra potenti elettrocalamite, molte linee di forza.

Il merito di aver introdotto nella preparazione dei minerali questo nuovo ausilio, spetta a *Price Wetherill:* Era però ben noto da tempo come alcuni minerali, che nei campi magnetici normali si mostrano diamagnetici, diventavano in campi magnetici assai potenti magneticamente permeabili. Nei laboratori di petrografia le elettrocalamite più o meno forti per separare i diversi minerali ferromagnesiaci, sono da anni d'uso corrente.

Il metodo Wetherill ebbe principalmente applicazioni per separare la blenda dalla siderite, associazione mineralogica questa, come vedremo, altrettanto fastidiosa quanto frequente.

Il separatore Wetherill, schematicamente, consiste in un nastro trasportatore che attraversa un campo magnetico intenso, ottenuto avvicinando fra loro le espansioni polari affilate a cono di potenti elettrocalamite. Un secondo nastro, che si muove a piccola distanza sopra il primo e normalmente ad esso, taglia le linee di forza del campo magnetico. Accade allora che i grani di minerali magnetici si applicano contro questo secondo nastro, che li trasporta fuori del campo magnetico, mentre i grani diamagnetici rimangono sul primo nastro, che li porta da un'altra parte. Nella fig. 192 si vede in *a* l'arrivo del materiale: in *b* cade il materiale non magnetico, mentre in *c* si vedono le punte dell'elettromagnete e come il *minerale* si raccoglie, trasportato fuori dal campo magnetico dal nastro *d*.

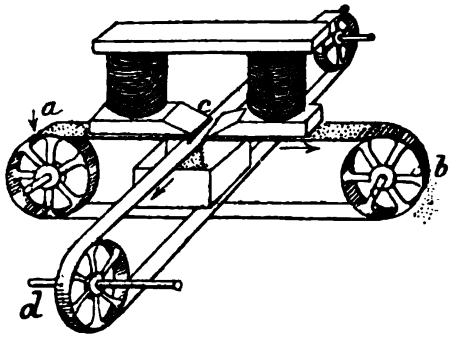
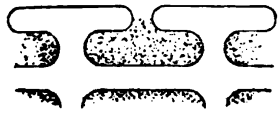


Fig. 192.

L'apparecchio Wetherill mostra nei tipi più perfezionati tre poli anzichè due.


Fig. 193.

Il trattamento del minerale in questi apparecchi esige che esso sia minuto ma non polverulento, asciutto e ben calibrato. Quando si trattano blende, si possono economicamente prosciugare nei forni di tipo Spireck o negli Oxland; la separazione per grossezza si compie in buratti: L'installazione comporta un ventilatore per sottrarre dall'ambiente le polveri, sempre moleste e nocive agli operai, che si producono in abbondanza nel trattamento.

Gli apparecchi *Primosigh*, d'origine ungherese, presentano forma cilindrica perchè le espansioni polari delle elettrocalamite sono appunto foggiate a cilindro, come si vede nella figura 193, che ne rappresenta una sezione; sull'asse del cilindro si trova l'avvolgimento dell'elettro-magnete. Mediante cinghie o piccoli apparecchi a scossa, i grani di minerale sono presentati nelle solcature del cilindro, limitate dalle espansioni polari, che sono sede di campi magnetici intensi; le particelle magneticamente permeabili, sono at-

tratte dal cilindro e trasportate così nel movimento di rotazione: una spazzola fissa di posizione ne compie poi il distacco al momento favorevole per la caduta, oltrepassata la verticale tangente al cilindro.

574. Generalmente però nella *concentrazione* dei minerali si trae partito di due delle proprietà caratteristiche dei minerali che si vogliono separare, e cioè della *densità* e del *colore*.

La densità è largamente utilizzata negli apparecchi più importanti della separazione dei minerali, che possono essere *mossi* a mano o con mezzi meccanici.

Il colore, naturalmente, non può che essere percepito dall'uomo, e quindi la preparazione dei minerali, fondata su tale proprietà, è esclusivamente condotta *a mano*.

575. **Preparazione a mano.** — Il lavoro a mano si esplica con *le cernite*, e cioè coll'intelligente separazione dal materiale che produce la miniera, dei pezzi di minerale o di sterile.

Il materiale che proviene dalle coltivazioni metallifere è generalmente costituito di pezzi di minerale propriamente detto, di pezzi di puro sterile e infine di pezzi *misti*, che mostrano cioè del minerale e dello sterile.

Un materiale di tale natura può essere evidentemente *arricchito* in due modi, e cioè:

1° Sottraendogli i pezzi sterili;

2° Raccogliendo tutti i pezzi con minerale.

Quando le due operazioni si compiono contemporaneamente, si avranno tre prodotti e cioè, *ricco*, *misto*, *sterile*. Il *misto* potrà essere a sua volta separato in misto-ricco e misto-povero. Le categorie allora saranno: *ricco*, *misto ricco*, *misto povero*, *sterile:* Comunemente si designano queste varie sorta di materiali coi nomi di *prima*, *seconda*, *terza*, *sterile:* si distinguono talvolta le seconde e le terze, precisando se sono *ricche* o *grasse*, oppure *povere* o *magre*.

Per queste separazioni è mestieri che il materiale sia in piccoli pezzi. La grossezza dei pezzi è evidentemente in relazione al modo di disseminazione del minerale nello sterile.

La cernita a mano comporta adunque una spezzatura preliminare, ottenuta meccanicamente, oppure col lavoro a mano. In quest'ultimo caso, se la spezzatura è intelligentemente guidata su ogni pezzo, ed intesa ad ottenere una buona separazione del minerale dallo sterile, prende il nome francese di *scheidage*.

576. *Spezzature*. — La spezzatura a mano col *martello* riesce

sempre più costosa di quella ottenuta con apparecchi mossi meccanicamente. Essa è tuttavia adottata nelle piccole lavorazioni, che non comportano installazioni meccaniche, oppure quando vuolsi cernire del minerale relativamente di valore. La spezzatura col martello è pure indicata quando occorre rompere il minerale in modo di ottenere la minor proporzione possibile di fino. Infine la spezzatura a mano è la sola che permetta di accoppiare all'azione meccanica una volontà intelligente per ottenere, colla rottura del minerale, la separazione delle parti utili da quelle sterili.

La forma dei martelli varia da contrada a contrada secondo l'uso cui sono destinati. Per rompere semplicemente minerali si adottano mazze di forma parallelepipeda, manovrabili a due mani, con entrambe le teste quadrate: più soventi, invece, per maggior precisione di lavoro, le due teste sono rastremate a piramide tronca e gli angoli del parallelepipedo sono smussati, sicchè l'estremo del martello presenta sezione ottagonale anzichè quadrata. Altre volte ad una testa massiccia da una parte fa riscontro dall' altra una punta od un tagliente. Il peso di queste mazze è circa 6 kilogrammi. In alcune lavorazioni degli Stati Uniti s' adoprano dei rompitori costituiti da una massa pesante che viene sollevata ad una certa altezza e poi lasciata cadere sui pezzi da rompere in frammenti, oppure s'impiegano specie di magli o berte, mossi a vapore o ad aria compressa, oppure degli strettoi meccanici, ecc.

Per la piccola spezzatura, quale può occorrere per lo *scheidage* propriamente detto, in Inghilterra ed in America s'usano soventi dei martelli del peso di $1 \div 1.50$ kg. con m. 0.60 di manico flessibile, che si maneggiano a due mani, oppure, come anche s'usa da noi, dei martelli con manico più corto, detti martelli da *cotting*, e con la mazza foggiata ad una delle estremità a punta od a tagliente per ottenere facilmente la scheggiatura dei pezzi, assai utile per la netta separazione dei materiali.

Per pestare, infine, alcuni minerali, convengono mazze piuttosto pesanti a corto manico, che si manovrano con una sola mano, oppure mazzeranghe con testa ferrata.

577. *Cernita.* — La cernita a mano è praticata comunemente da donne o da ragazzi, da un personale, cioè, paziente e che costa relativamente poco. Il lavoro sovente è organizzato a cottimo, e cioè si paga a volume il materiale ricco e lo sterile che è ricavato da un dato stock di minerale. Conviene evidentemente, nella maggior parte dei casi, pagare anche lo sterile, poichè esso viene così sottratto alla ulteriore preparazione meccanica, se questa è com-

piuta, il cui costo in generale è proporzionale alla quantità di materiale che si tratta: Inoltre gli *sterili* provenienti dalla preparazione meccanica, contengono sempre, massime se fini, alcune unità di metallo, e quindi conviene renderne minima la quantità per diminuire le perdite.

Ma è naturale che la maggiore o minore estensione che conviene dare alla cernita a mano — a parte le speciali proprietà fisiche del materiale che possono consigliarla o sconsigliarla — dipende dal costo della mano d'opera, per cui, ad es., in alcuni paesi essa è assai ridotta od anche annullata, ed allora tutto il materiale, quale proviene dalla miniera, è direttamente trattato nella laveria meccanica.

Le cernite sono compiute all'aria libera o meglio sotto tettoie: sempre però in ambienti molto illuminati.

Se il materiale esce sporco dalla miniera, per cui non è facile distinguere il ricco dallo sterile, esso è prima convenientemente lavato sopra griglie con getti d'acqua.

La cernita si compie su appositi *banchi di cernita*, dove il minerale si presenta ai cernitori secondo il naturale declivio. Nelle miniere importanti si fanno correre i vagonetti superiormente ai tavoli di cernita, sui quali essi rovesciano il contenuto.

Talvolta invece il materiale da cernire è disposto sopra un nastro trasportatore continuo, d'acciaio, attorno al quale, ai due lati, sono disposte le cernitrici che provvedono alla sottrazione del ricco e talvolta anche dello sterile. Il nastro porta il *misto* allo spezzamento.

Infine, in altri casi, s'impiegano per la cernita delle ampie tavole circolari. Il materiale è caricato al centro e si dispone a forma di cono: le cernitrici sono disposte attorno alla tavola e provvedono alla scelta dei pezzi.

La cernita si compie talvolta in parecchie riprese: essa allora si alterna colla spezzatura meccanica.

La cernita a mano, come è ben evidente, può esser spinta più o meno, a seconda del valore dei minerali: pei soliti minerali di piombo, zinco, rame, ecc., essa s'arresta in generale sopra pezzi di 25 mm. di diametro.

Per tutti i minerali di qualche pregio si premette sempre la cernita a mano alla preparazione meccanica. L'importanza della cernita a mano nei diversi casi varia evidentemente, come già si disse, a seconda del valore del minerale, della sua natura, dei prezzo locale della mano d'opera, ecc.

Ecco alcuni dati che si riferiscono a cernite a mano di minerale filoniano in pezzi di 50-100 mill.:

M³ di materiale cernito	Ore di lavoro	Produzione Quintali	Sterile ricavato m.³	Costo al m³	Osservazioni
100	720	65	50	0.50	—
100	1700	110	35	1.34	scheidage

Preparazione meccanica.

578. **Spezzatura.** — È evidente che se il minerale è molto abbondante ed impuro, e cioè se è accompagnato da notevoli quantità di sterile, e se la mineralizzazione è diffusa, la cernita a mano, qualora fosse applicata, non potrebbe che dare grandi quantità di *misto*. In questi casi conviene quindi la diretta preparazione meccanica, che permette di trattare, generalmente con poca spesa, grandi quantità di materiale.

I *misti* delle cernite a mano, viste in precedenza, rientrano adunque in questi trattamenti.

La separazione del materiale metallifero da quello sterile si ottiene nel trattamento meccanico, traendo partito dalla diverso densità dei materiali: qualora lo sterile ed il minerale possedessero densità pressochè eguali, la separazione riuscirebbe difficile e diverrebbe impossibile per densità eguali, come vedremo a suo tempo.

Purchè i due materiali da separare abbiano come caratteristica densità diverse, la preparazione è possibile; tuttavia è necessaria che i singoli pezzi siano relativamente puri, e cioè costituiti solamente di minerale o di sostanza sterile: è evidente, infatti, che se un pezzo di materiale fosse costituito ad un tempo di minerale e di sterile, esso potrebbe avere una densità qualunque, compresa fra quelle dello sterile e del minerale che si considerano. Ne segue quindi la necessità di *frantumare* il minerale che esce dalla miniera, e che è una mescolanza di materia metallifera e di sterile, per ottenere pezzi relativamente omogenei. A seconda della mineralizzazione più o meno diffusa del materiale che si tratta, la frantumazione dovrà quindi essere spinta a un grado più o meno grande. È naturale che se la sostanza metallifera trovasi intimamente disseminata nella matrice sterile, la frantumazione dovrà

spingersi all' estremo limite per ottenere separate le particelle di minerale da quelle sterili.

Nella preparazione meccanica per dividere i vari pezzi di minerale allo scopo di separare le parti sterili da quelle ricche, si procede alla rinfusa, e cioè si spezza tutto il materiale ad un certo grado di grossezza che corrisponde a quello normale delle parti o concentrazioni ricche; in tal modo si ottengono dei pezzi di sterile, dei pezzi costituiti di solo minerale o pezzi ricchi, e infine, inevitabilmente, una certa quantità di pezzi misti, costituiti cioè da parti ricche e da parti sterili. — È ovvio che per un dato minerale, spingendo la frantumazione, si diminuisce la proporzione di grani *misti*.

579. Noi passeremo in rassegna alcuni degli apparecchi comunemente usati nella preparazione meccanica per rompere e macinare i minerali, e cioè, i *frantoi*, che servono per rompere del materiale relativamente grosso, le *cilindraie* che ricevono del minerale relativamente minuto e lo stritolano in piccoli elementi, *i pestelli* ed i *disintegratori* che servono a dividere maggiormente il minerale.

Si presenta subito una domanda: Conviene disporre gli apparecchi di frantumazione e di macinazione in serie, in modo di ottenere il materiale direttamente macinato al grado più piccolo che occorre per l'arricchimento, oppure è preferibile intercalare fra le diverse frantumazioni degli arricchimenti successivi?

Non è possibile in via generica una risposta esauriente, dipendendo essa, caso per caso, dal materiale che si tratta. Se il minerale metallifero sparso nella matrice, presenta delle nette concentrazioni più o meno importanti, oltrechè delle disseminazioni, (essendo conveniente nella preparazione di sottrarre il ricco e lo sterile man mano che si producono, onde ridurre l' ulteriore macinazione e le perdite di sostanze metallifere che si verificano nel trattamento delle polveri), è preferibile quella successione degli apparecchi frantumatori, che permette di interpolare fra essi opportune serie di apparecchi arricchitori.

Se invece il minerale è diffuso nella matrice, per cui nelle successive frantumazioni si ottiene sempre molto misto, conviene *macinare a morte* direttamente tutto il materiale e passarlo poscia agli apparecchi arricchitori, anche nella considerazione che questi ultimi operano meglio se i materiali che ricevono non sono voluminosi.

La struttura del materiale che si tratta, fisserà quindi il grado di frantumazione cui si deve giungere. Teoricamente dovrebbe con-

venire di spingere la frantumazione al limite, poichè in tal modo si assicura l'inesistenza, nel materiale frantumato, di grani misti, e cioè costituiti di sterile e di minerale, ma tale frantumazione potrebbe essere sconsigliata per più motivi, e principalmente perchè la separazione dei minerali per densità riesce difficile e quindi poco perfetta, per materiali fini oltre un certo limite, e perchè la frantumazione spinta a grande finezza richiede numerosi apparecchi, oltrechè una notevole spesa di forza.

Il grado di finezza cui deve giungere la frantumazione di un dato materiale dipende adunque, oltrechè dalla mineralizzazione, dalla difficoltà di trattamento che presentano i *fini* (e che è diversa coi diversi minerali) e dal valore del minerale che si tratta. Insomma si può tener presente che i *fini* ottenuti da alcuni materiali, causano trattamenti complicati, ed in generale danno *sterili* che sono ancora discretamente mineralizzati; nei materiali a mineralizzazione diffusa la povertà in metallo dello sterile può essere favorita o contrariata dalla finezza della macinazione.

Si cerca quindi, nella maggior parte dei casi, di limitare la frantumazione al puro necessario, ripetendo l'operazione su quella parte di materiale che persiste *misto* dopo il trattamento negli apparecchi arricchitori.

A seconda della grossezza degli elementi da frantumare, si impiegano apparecchi speciali, e siccome quelli che frantumano dei pezzi grossi danno prodotti relativamente ancora grossi, così per frantumare finamente si adottano diversi apparecchi, disposti in serie, in modo che ognuno riduce di un certo grado di grossezza il materiale che gli arriva da quello precedente.

Il materiale in grossi pezzi è rotto nei *frantoi (concasseurs)*; il materiale dei frantoi è ulteriormente spezzato nelle *cilindraie (broyeurs)*, nelle *macine*, coi *pestelli (bocards)*, *disintegratori*, ecc.

Passiamo in rapida rassegna questi diversi apparecchi:

580. **Frantoi.** — I frantoi sono apparecchi che non danno spezzature piccole. Essi ricevono il materiale in grossi pezzi e lo riducono di $^1/_4 \div ^1/_6$ del volume primitivo. Il frantoio Blacke è un apparecchio assai ben concepito, apparso verso il 1860, che ne originò in seguito molti altri, dal punto di vista meccanico simili fra loro.

Il frantoio Blacke (fig. 194) è a mascelle, e precisamente contro una mascella fissa verticale, può allontanarsi od avvicinarsi una mascella mobile, disposta con una inclinazione tale da formare con quella fissa la tramoggia, destinata ad accogliere il minerale

da spezzare. Ricevendo la mascella mobile, che è imperniata superiormente, un movimento angolare di va e vieni contro quella fissa, il materiale viene stritolato e cade dall'apertura inferiore, che si trova fra le due mascelle.

Il movimento alla mascella mobile è dato mediante un semiparallelogrammo snodato, che fissato ad un estremo, spinge coll'altro la mascella mobile contro quella fissa, quando la robusta biella verticale, comandata dall'eccentrico, nell'alzarsi ed abbassarsi trovasi a metà corsa: Una forte molla ritira inferiormente la mascella mobile dalla sua posizione estrema, per allontanarla da quella fissa. Mercè questo movimento della mascella mobile il minerale, che è gettato fra le mascelle, cadendo fra esse riesce stritolato quando la mascella mobile è spinta contro la fissa.

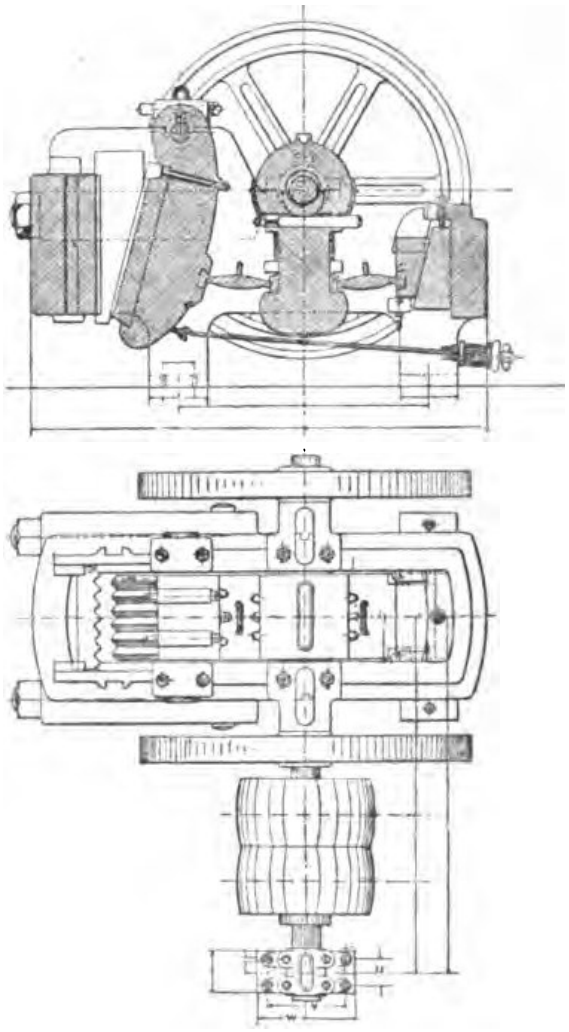


Fig. 194.

Un pesante volano, diviso in due parti simmetriche, è calettato sull'albero dell'eccentrico unitamente alla puleggia di trasmissione. Il tutto è chiuso in un robusto banco di ghisa.

Le mascelle dei frantoi sono rivestite di piastre di ghisa temprata o d'acciaio.

Per regolare la grossezza dello spezzamento, il punto d'appoggio fisso del semiparallelogrammo snodato può spostarsi lateralmente, mercè la disposizione figurata a doppio cuneo. — L'apparecchio è di costruzione semplice e robusta in ogni sua parte.

Oltre il *Blacke* vi sono parecchi altri tipi di frantoi, cinematicamente analoghi, come i Marsden, Stag, Monarch, Giaut, Buchanan, ecc.

Ecco alcuni dati relativi a frantoi Blacke:

Apertura della tramoggia frantoio	Produzione per 24 ore		Rivoluzione al 1'	Cav. vap. assorbiti
	a 0.05	a 0.0025		
metri	tonnellate	tonnellate		
0.25 × 0.10	80	36	275	5
0.27 × 0.15	200	—	350	12
0.50 × 0.25	300	—	—	18
1.00 × 0.15	480	280	300	20

Gli inglesi usano controsegnare i diversi apparecchi colle dimensioni in pollici della bocca della tramoggia che riceve il minerale, ed esprimono la potenzialità dell'apparecchio col numero di tonnellate di *ballast* o di *macadam* che produce. Il costo di questi apparecchi di media grandezza è di 3 ÷ 5 mila lire.

I frantoi tipo Blacke hanno la mascella mobile imperniata nella parte superiore. Per effetto del movimento essa quindi si allontana, nella parte inferiore, da quella fissa; il materiale che cade ha quindi come limite maggiore di grandezza la maggior apertura permessa alle mascelle.

581. I frantoi tipo *Dodge*, pur essendo meccanicamente costruiti come quelli di tipo Blacke, presentano invece la mascella mobile imperniata inferiormente. L'apertura inferiore della tramoggia rimane quindi costante e il materiale esce di grossezza più uniforme che nel tipo Blacke. Questo frantoio è però facile ad intasarsi sopratutto se il materiale è argilloso, ed è di minor produzione del tipo Blacke. — I frantoi tipo Dodge sono perciò piuttosto di ripasso, e cioè adibiti alla produzione di materiale minuto; essi danno una proporzione di polveri maggiore dei Blacke. Costano alquanto più dei precedenti.

582. Il frantoio *Schrauz* è della stessa costruzione meccanica dei precedenti, ma presenta la mascella mobile curva ed imperniata in due punti, in guisa da muoversi con una certa rotazione producendo così uno stritolamento speciale del materiale.

Il frantoio *Sturtewant* frantuma anche a 5 mm. e per un'ampiezza di tramoggia di 0.15 × 0.40, macina da 50 a 70 tonn. per 24 ore, assorbendo 15 cav. vap. Le due mascelle sono nella loro parte in-

feriore curve: quella mobile ha una curva convessa mentre quella fissa è concava. La distanza che corre nel tratto curvilineo fra l'una e l'altra mascella è assai piccola. Dal punto di vista cinematico questo frantoio, che frantuma molto finamente, differisce essenzialmente dal tipo Blacke. L'eccentrico motore muove un sistema articolato ad angolo, il cui secondo elemento appoggia, convenientemente imperniato, sul banco fisso del frantoio.

Il pezzo che porta la mascella mobile è imperniato inferiormente, come nel tipo Dodge, ma porta una espansione che a sua volta s'impernia a circa metà lunghezza nella leva che forma il secondo elemento del sistema articolato dianzi detto, che appoggia sul banco e che riceve movimento dall'eccentrico.

583. Il frantoio *Forster* agisce in modo affatto diverso, poichè la mascella mobile invece di rotare attorno un asse orizzontale, come nei tipi precedentemente veduti, si muove attorno un asse verticale. A una mascella fissa, la cui sezione orizzontale presenta due canali, perchè costituita da due superfici cilindriche incavate, sta affacciata la mascella mobile, presentante due eguali superfici cilindriche, ma in rilievo. La mascella mobile può ruotare di un cert'angolo attorno ad un perno verticale e così rompe, alternatamente avvicinandosi ed allontanandosi alla parte fissa da un lato e dall'altro, il materiale compreso nella solita tramoggia costituita dalle due mascelle. Un apparecchio di questo genere, frantumando a $3 \div 4$ cent. può passare da 4 a 6 tonnellate di materiale all'ora, assorbendo circa 12 cav.

584. *Frantoi conici rotativi.* — Questi frantoi presentano meccanicamente il vantaggio di un movimento circolare continuo. Sono di questo tipo i frantoi *Gates, Comet, Mac Cully*, che presentano nelle linee generali la stessa struttura, e sono cioè costituiti da una spece di robusta tramoggia conica, svasata verso l'alto, entro la quale si muove un cono diretto, montato sopra un albero verticale col vertice in basso. Questo albero, che superiormente passa in un collare fisso, è imperniato invece inferiormente in modo alquanto eccentrico nella ruota dentata di un imbocco conico che è posto in relazione col motore. Il cono diretto quindi ruota sul proprio asse, ma questo compie, nello stesso tempo, delle rivoluzioni pendolari attorno all'asse della tramoggia, che passa pel centro del collare superiore e pel centro della ruota orizzontale dell'imbocco conico inferiore.

Nel frantoio Gates la tramoggia conica è guarnita di risalti lungo le generatrici: esso dà del materiale tritato assai finamente.

Un frantoio Gates rompe 160 tonn. di granito a 3 cent. consumando 20 ÷ 25 cav.

Il frantoio Mac Cully produce con 8-10 cav. oltre 200 tonn. di materiale a 6 cent. di sezione; con 15 ÷ 20 cav. oltre 600 tonn. per 24 ore.

Questi frantoi, adatti per materiali poco duri, compiono generalmente 400-500 rotazioni al 1'. Essi sono relativamente recenti in confronto ai precedenti. Ne esiste uno in funzione per macadam alla Spezia.

585. Si può ritenere come dato pratico che i frantoi ordinari a mascelle rompono a circa 5 centimetri, una tonnellata di materiale di media durezza all'ora per ogni cavallo che assorbono.

I frantoi si possono dividere in sgrossatori e di ripasso: alla prima categoria per materiali duri appartengono i grossi apparecchi, specialmente del tipo Blacke, alla seconda i tipi Dodge e analoghi. I frantoi conici servono quasi esclusivamente per materiali poco duri. Quelli Sturtenvaut e analoghi accoppiano all'azione propria del frantoio, una specie di macinazione grossolana, per cui il materiale che ne esce è di grossezza uniforme, quasi calibrato, e cioè generalmente assai ben spezzato: essi però richiedono un supplemento di forza ed esigono frequenti sostituzioni delle mascelle a superficie cilindrica che rapidamente si consumano.

Se si deve spezzare del materiale grosso e duro in pezzi piccoli, si può, ad esempio, disporre in serie un frantoio Blacke ed uno Dodge; il materiale rotto così dal primo alla grossezza di un uovo, subirà poscia una ulteriore rottura alla grossezza di una noce e in seguito, in apparecchi più precisi, che non permettono cioè il passaggio di pezzi di dimensioni maggiori di un certo limite, una ulteriore frantumazione ove occorra pel trattamento.

Le mascelle dei concasseurs sono ricambiabili e costituite da placche lisce o scanalate di ghisa dura o d'acciaio. Siccome accade talvolta che una mazzetta od altro pezzo di ferro cada inavvertito col materiale nel frantoio, per evitare la rottura di organi principali, soventi fra l'albero e la mascella mobile è intercalato un pezzo di minor resistenza, che funziona da protettore per gli organi dell'apparecchio.

586. **Cilindraie.** — Ai frantoi fanno seguito le *cilindraie*. Se il materiale deve essere ridotto a grande finezza, converrà anche qui disporre di seguito due o tre cilindraie, ognuna delle quali sarà più grossa e robusta della seguente, perchè essa dovrà ricevere e macinare elementi più grossi di materiale. Per risparmio di

spesa d'installazione, di forza e per evitare una macinazione eccessiva quanto dannosa del materiale, si usa, dopo ogni macinazione, sottrarre al materiale gli elementi che furono ridotti alle dimensioni volute, in modo che l'ulteriore macinazione si compie solamente sugli elementi ancor grossolani, che si devono ridurre quindi a minori dimensioni.

Le cilindraie o *broyeurs*, dette anche *mulini* servono per macinare dei minerali relativamente teneri, come galene, blende, calamine, piriti, ecc. Tuttavia s'impiegano anche per minerali quarzosi duri: in questi casi però richiedono cambi frequenti dei cilindri macinatori, perchè per l'usura che subiscono, sono rapidamente posti fuori servizio. I cilindri comportano un albero di rotazione ed un nocciolo, sul quale è calettata la tavola acciaccatrice, o *camicia* ricambiabile, di ghisa o d'acciaio, che compie la macinazione.

Una cilindraia comporta due cilindri di diametro variabile da 0.30 a 1 m. e più, montati cogli assi orizzontali paralleli, fig. 195. Questi sono sostenuti da appositi cuscinetti e generalmente una coppia di cuscinetti può, pel gioco di robuste molle, allontanarsi dall'altra, in guisa che sotto l'azione di uno sforzo eccessivo, causato dal passaggio di un grosso pezzo di materiale, il cilindro mobile può allontanarsi da quello fisso disposto parallelamente, evitando la rottura dell'albero. I cilindri, che sono chiusi in apposito banco di ghisa, ruotano in senso inverso, in modo che il materiale che superiormente cade fra essi, viene stritolato nel passaggio fra i cilindri. La cilindraia riceve del materiale di dimensioni non superiore a 4 cent., somministrato generalmente da uno o più frantoi, e lo macina a qualche millimetro. Siccome il materiale già sufficientemente fino, che attraversa l'apparecchio, cade senza subire macinazioni, le cilindraie producono relativamente poche polveri.

Deve naturalmente correre un certo rapporto fra il diametro dei cilindri e quello del materiale che essi ricevono, perchè la cilindraia *morda*.

Così pure per ogni cilindraia e per ogni materiale vi è una velocità più di ogni altra conveniente per il lavoro: le velocità eccessive provocano lo scorrimento sopra i cilindri dei pezzi di materiale, che non sono presi nella cilindraia, il che causa una minor produzione della cilindraia ed un maggior consumo dei cilindri. Questo ultimo inconveniente è specialmente grave con materiali duri. Il numero delle rotazioni per 1' delle cilindraie dipende dal diametro dei cilindri. I cilindri di grande raggio girano più lentamente di quelli di piccolo diametro, che sono piuttosto veloci. Il

numero dei giri al 1′ varia da 20 a 120: non è possibile assumere la velocità periferica dei cilindri come valore costante, dovendo essa variare a seconda della durezza dei materiali che si macinano.

La larghezza delle camicie varia da 15 a 35 cent. Le cilindraie larghe danno produzioni maggiori di quelle colle tavole strette, ma il peso assai più grande dei cilindri, produce d'altra parte degli inconvenienti speciali; oltrechè riesce difficile l'uniforme ripartizione del materiale fra le camicie.

587. I cilindri delle camicie sono portati ciascuno da un albero, sul quale soventi sta calettato un nocciolo formato di due tronchi di coni giustapposti per le basi minori. Uno solo di questi coni è fisso all'albero, l'altro può facilmente, per mezzo di bulloni, esser fissato al precedente. Riesce allora facile adattare sopra un tale nocciolo una camicia esternamente cilindrica, ma internamente foggiata a doppio tronco di cono. Forzando il nocciolo contro la camicia, si rende quest'ultima solidale all'albero del cilindro. Le camicie sono di ghisa tenace, fusa in conchiglia, per averne la tavola temprata, oppure sono d'acciaio fuso, o d'acciaio fucinato: oggi s'impiega con successo l'acciaio al manganese.

Quando le camicie sono deteriorate, si ritorniscono al tornio. La piallatura dei cilindri d'acciaio fatta in posto nella stessa cilindraia, ad es. con un pezzo di smeriglio o carborondum, benchè semplice, riesce poco pratica. Le camicie di ghisa si rifondono.

In alcune cilindraie uno dei due cilindri è spostabile secondo l'asse di qualche centimetro rispetto l'altro. Con spostamenti ad intervalli, si riesce così a mantenere uniforme l'usura dei cilindri su tutta la larghezza della tavola, che d'altra parte non è eccessiva.

Ha grande importanza sull'uniforme usura della tavola dei cilindri il modo d'alimentazione della cilindraia: si debbono sempre adottare distributori appropriati sotto le tramoggia d'alimentazione.

Il lavoro assorbito dalle cilindraie si può distinguere in due parti; quello dovuto agli attriti meccanici e quello dovuto al lavoro di triturazione che esse compiono. Quest'ultimo lavoro è evidentemente proporzionale alla riduzione di diametro che subisce il materiale. Le cilindraie ordinarie assorbono secondo la grandezza da 6 a 18 cavalli. La capacità di produzione varia colla velocità di marcia della cilindraia, che è in relazione alla durezza del materiale. In generale la produzione oraria è maggiore in tonnellate del numero di cavalli assorbiti, talvolta però per le macinazioni fini è solo metà.

588. Come fu detto, ogni cilindraia comporta due cilindri acciaccatori. Quello mobile appoggia su due cuscinetti, che possono scorrere per breve tratto sul banco: esso è mantenuto contro il cilindro fisso da robuste molle a spirale, a dischi, a balestra oppure da spinte di gomma che agiscono sui supporti mobili. La pressione necessaria alla macinazione per materiali duri è di parecchie tonnellate.

I cilindri, nelle cilindraie molto robuste, sono collegati fra loro con ruote dentate a denti molto lunghi per permettere gli spostamenti del cilindro mobile: allora il solo cilindro fisso è comandato e generalmente il moto è dato per mezzo di un rocchetto e di una ruota dentata per realizzare una velocità conveniente. Nelle cilindraie meno robuste soventi la trasmissione del movimento si compie fra i cilindri per semplice frizione. In parecchi tipi, specialmente americani, entrambi i cilindri sono comandati da cinghie, una delle quali quindi è incrociata: questa disposizione presenta però degli inconvenienti se il comando è orizzontale.

Le cilindraie sono sempre munite di pesanti volanti. — Il materiale deve essere somministrato con regolarità fra i cilindri e all'uopo le cilindraie sono munite di distributore automatico del materiale. È da evitarsi che il materiale arrivi di fianco nella cilindraia, come pure che soggiornino fra le tavole dei grossi pezzi, i quali, non afferrati dai cilindri, finiscono per incunearsi fra le tavole, usandole con lavoro analogo a quello di una punta di tornio.

589. Nella recente *cilindraia Sanna* i due cilindri sono sostenuti da sopporti a braccia, imperniati nel piano verticale tangente ai cilindri. In tal modo si ha una specie di sistema pendolare che favorisce, pel peso proprio dei cilindri, l'acciaccamento del minerale. — In altre cilindraie i cilindri anzichè essere disposti cogli assi in uno stesso piano orizzontale, sono sovrapposti, così si utilizza nella macinazione il peso del cilindro superiore che grava sull'inferiore.

In qualche cilindraia orizzontale si fa senza le molle di spinta e i cilindri sono rigidamente posti a conveniente distanza fra loro. In questo modo, evidentemente, si ottiene colla macinazione del materiale rigorosamente calibrato, poichè non intervengono in certi istanti le molle a permettere l'allontanamento dei cilindri. Questi tipi di cilindraie — assai robusti — esigono che nel materiale da frantumare non vi siano pezzi eccezionalmente duri e per questo motivo si dispongono degli elettromagneti all'ingresso del materiale nella tramoggia d'alimentazione della cilindraia, per evitare che

pezzi di ferro, casualmente commisti al materiale da frantumare, possano produrre la rottura della cilindraia.

Quando si deve macinare il materiale molto finamente, conviene mettere in serie più cilindraie ed affidare ad ognuna la riduzione di $^1/_2$ o di $^1/_3$ del diametro del materiale.

Nella fig: 195 è rappresentata in sezione una cilindraia americana, nella quale entrambi i cilindri sono comandati da molle che agiscono sopra cuscinetti mobili lungo il banco. La lubrificazione degli alberi dei cilindri è ben assicurata colla disposizione segnata in figura: I cilindri non sono collegati con ruote dentate, ma entrambi sono comandati per mezzo di puleggie non segnate nella figura: evidentemente una cinghia deve essere incrociata per produrre il movimento inverso dei cilindri. Calettati sugli alberi delle cilindraie sonvi pure i volanti destinati a rendere uniforme il movimento.

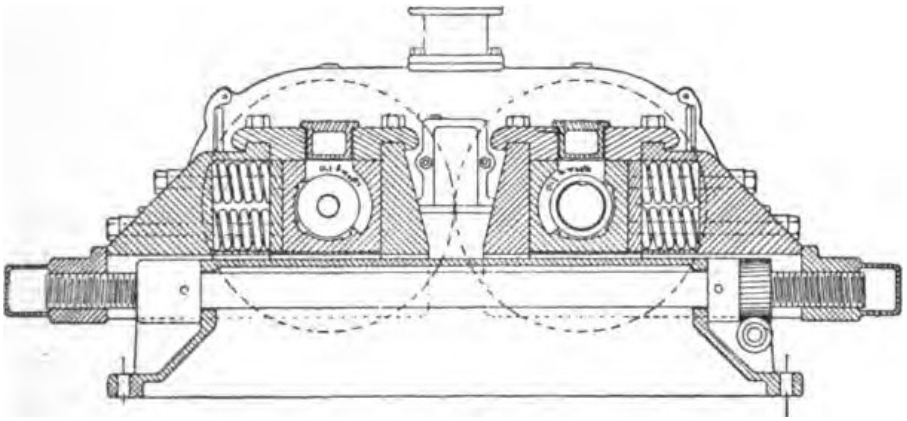


Fig. 195.

I cilindri acciaiatori sono rappresentati nella figura con cerchi punteggiati. I cilindri sono superiormente chiusi in una cassa di lamiera e ricevono il materiale da macinare da una tramoggia distributrice superiore.

Altre cilindraie comportano comandato un solo cilindro: l'altro, che è mobile, è tenuto a posto dalle spinte a molla, e si muove perchè collegato col primo da ingranaggi, oppure per semplice attrito: in questo caso il cilindro mobile soventi porta calettato sul proprio asse il volano.

Ecco alcuni dati che si riferiscono a cilindraie che trattano materiale duro e che marciano lentamente:

Diametro dei cilindri	Produzione per 24 ore a 5 mm.	Rivoluzioni al 1′	Cavalli vapori assorbiti
500	mc. 45	50-60	8
700	» 65	40-50	13
1000	» 75	25-35	15

Per materiali meno duri le cilindraie possono compiere 70-100-150 rotazioni al 1′.

590. *Macina Schranz.* — Questo apparecchio consiste in tre macine coniche, disposte cogli assi in un piano orizzontale a 120° l'uno dall'altro, e premute mediante molle sopra una piattaforma di ghisa alquanto conica, animata da un movimento di rotazione attorno al proprio asse verticale. Il materiale, che deve essere in grani di diametro non maggiore di un centimetro, cade sulla piattaforma da un distributore posto fra due dei coni trituratori. Esso è portato dalla placca sotto il primo cono e successivamente poi sotto il secondo ed il terzo. Degli opportuni getti d'acqua asportano man mano il materiale fino che si produce.

La macina Schranz ha il piatto di circa un metro: i coni macinatori pesano circa 200 kg. ciascuno. Essa richiede da 3 a 4 cavalli di forza e può passare anche 1 tonn. di materiale a 5 ÷ 8 mill. all'ora, riducendolo a 3 mm. È un apparecchio poco usato.

591. *Macine ordinarie.* — Per minerali non molto duri servono le macine, nelle quali si utilizza la gravità per acciaccare il materiale. Due grosse e pesanti macine di ghisa o d'acciaio, calettate sopra un unico albero orizzontale, che è comandato da un albero verticale mosso da un imbocco conico, rotolano sopra una robusta tavola orizzontale di ghisa, compiendo la macinazione del materiale disposto sopra essa. Talvolta l'apparecchio comporta dei rimestatori automatici del materiale, e talvolta anche degli elevatori a cucchiai, che seguono, sostenuti da razze, le macine nel loro movimento, sollevando il materiale e facendolo passare in buratti, per modo che il fino viene man mano sottratto all'apparecchio, mentre il grosso è rimesso sulla tavola per essere nuovamente macinato.

Questi apparecchi ed analoghi, che servono specialmente per triturare ed amalgamare i minerali auriferi nell'America del Sud, sono soventi noti col nome di *macine del Chilì* (fig. 158).

592. **Pestelli.** — I rompitori a caduta, disposti in batteria e mossi meccanicamente, costituiscono i pestelli o boccardi. Questi apparecchi erano nelle miniere metallifere, assai più che al presente, usati in passato: essi furono, nella maggior parte dei casi,

sostituiti dalle cilindraie e dai disintegratori. In verità i boccardi presentano alcuni inconvenienti: essi sono di costosa installazione, sopratutto per le importanti fondazioni che richiedono; occupano molto spazio per rispetto alla produzione che somministrano, consumano molt'acqua, danno molto fino e sono oltremodo rumorosi. Tuttavia questi apparecchi lottarono efficacemente contro gli altri apparecchi di macinatura, perchè sono meccanicamente semplici, di facili riparazioni, e quando il minerale è cristallizzato nella matrice, soventi producono una spezzatura più conveniente per l'arricchimento meccanico che gli altri apparecchi, i quali frantumano i singoli pezzi, dividendoli indipendentemente dai piani di separazione dei vari elementi o dai piani di sfaldatura.

Inoltre nella metallurgia dell' oro, quando si trattano minerali quarzosi che presentano l'oro facilmente amalgamabile, i boccardi sono gli apparecchi preferiti e sono infatti ancora assai diffusi nell'America e nell'Africa: il materiale fino trattato dai boccardi, scorre sulle placche di amalgamazione, che trattengono dalla massa polverizzata l'oro che contiene; queste placche, costituite da una tersa lastra di rame accuratamente amalgamata, ricevono la materia polverizzata all'uscita dei boccardi. — È per motivo della comodità di far seguire immediatamente alla polverizzazione del materiale aurifero l'amalgamazione, e per la particolare convenienza di usare i boccardi per la polverizzazione del quarzo aurifero, assai duro, che i boccardi non furono sostituiti nel trattamento dei minerali auriferi da altri apparecchi.

Il boccardo è costituito da due parti, e cioè di un'incudine circolare di ghisa, contenuta in un mortaio o cassa, pure di ghisa, e di un pestello percuotente. Questo ha forma cilindrica ed è sollevato per mezzo dell'asta, a cui sta infilato un collare, da una palmola mossa meccanicamente. La palmola nel suo movimento di rotazione solleva così il pestello, che poi, abbandonato dalla palmola in fin di corsa, cade sull'incudine, frangendo nell'urto il minerale.

Il lavoro assorbito nel funzionamento è quello dovuto al sollevamento del pestello e dell'asta, ed è facilmente calcolabile. Detto p il peso in kg. da sollevare, e cioè il peso del pestello, dell'asta e del collare, h l'altezza in metri del sollevamento, il lavoro è $p\,h$ ed indicando con n il numero di colpi al 1', $\frac{p\,h\,n}{75 \times 60}$ sarà il numero di cav. vap. teorici che il pestello assorbe, e che dovrà praticamente moltiplicarsi per $1{,}2 \div 1{,}3$ per avere il lavoro effettivamente consumato in una buona installazione.

Come vedesi, l'apparecchio nel suo funzionamento consuma la stessa forza sia che lavori a pieno come a vuoto.

593. I pestelli agiscono in batterie: ogni pestello unito all'asta col collare costituisce una *freccia* e le batterie sono generalmente di 10-20 freccie, divise in gruppi di cinque elementi o freccie ognuno. Ogni gruppo nell'installazione è compreso fra montanti, collegati con traverse a costituire delle gabbie. — Parti essenziali nelle batterie di pestelli sono le fondazioni, le quali devono essere assolutamente solide. Si forma quindi sopra il terreno fermo un battuto di calcestruzzo di cemento, e sopra esso si erige la fondazione in cemento, generalmente con successivi strati di calcestruzzo di mano in mano più fini, per finire con una platea di 8-10 cent. di spessore di cemento e sabbia.

Queste fondazioni in cemento misurano 60 ÷ 80 cent. d'altezza: sopra di esse, opportunamente fissate, posano delle robuste travi di legno ben squadrate e disposte a contatto. La larghezza della sezione di queste travi non può essere minore della larghezza del mortaio che devono reggere. L'altezza del legname è sempre notevole perchè possa attutire colla elasticità l'urto del pestello ed impedire che si trasmetta in modo brusco alle fondazioni. Queste travi sono fra loro collegate con altre travi orizzontali che sporgono circa un metro dal pavimento del locale; esse portano, opportunamente bullonati, i mortai dei boccardi, i quali contengono i dadi delle freccie, e lateralmente appoggiano contro i montanti di legno che limitano il gruppo.

Vista la batteria di fronte, il mortaio presenta dalla parte posteriore una apertura longitudinale per l'ingresso dell'acqua che trascina il materiale da frantumare sotto i pestelli, ed anteriormente presenta una finestra con rete metallica disposta inclinata di circa 75°, che permette alla corrente d'acqua di asportare il materiale che è stato convenientemente polverizzato. I fori misurano circa il doppio della sezione dei grani che si vogliono ottenere.

Sopra l'incudine o dado, batte la mazza o testa del boccardo. La mazza è costituita molte volte in due pezzi, l'inferiore, detto zoccolo, è oggi raramente di ghisa, ma più soventi, come del resto anche il dado, d'acciaio fuso, soventi al manganese o al cromo; il pezzo superiore serve pel collegamento dello zoccolo all'asta. Questa è cilindrica e porta il collare fissato a conveniente altezza, che offre un ribordo sul quale appoggia la palmola destinata a sollevare la freccia.

Le palmole sono doppie, a forma cioè di S: esse, agendo sul

collare, non soltanto sollevano la freccia, ma imprimono alla stessa un movimento di rotazione attorno all'asse, sicchè ad ogni caduta la freccia, e quindi la mazza del boccardo, batte sull'incudine che è fissa, con orientazioni successivamente diverse, favorendo così l'uniforme usura delle superfici dei due pezzi.

In una batteria di 10 freccie, divise in due gruppi di 5 elementi o freccie ognuno, se accade che le palmole del primo gruppo si trovano alla destra, quelle del secondo, saranno a sinistra delle rispettive aste, e ciò per annullare gli effetti dovuti all'eccentricità del punto d'appoggio dei collari per rispetto agli assi delle freccie, che tenderebbero, sommandosi, a spostare le guide ed i montanti.

594. Le palmole sono distribuite sopra un albero orizzontale sorretto da supporti fissati ai montanti della batteria: esso riceve movimento da una trasmissione. La distribuzione delle palmole lungo l'albero è fatta in modo da ottenere una ordinata successione nelle cadute, in guisa che due frecce contigue non cadano di seguito una all'altra; le cadute, anzi, devono succedersi per modo che quando una freccia percuote il dado, le adiacenti devono essere sollevate dalle palmole. Siccome poi, generalmente, la batteria è formata di due gruppi serviti da uno stesso albero a palmole, che corre lungo la batteria, le palmole stesse si collocano in modo che le cadute delle frecce di due gruppi avvengano nello stesso ordine, ma che si alternino, e cioè che si verifichi un ritardo nella caduta delle freccie del 2° gruppo, per rispetto alle cadute di quelle del 1° gruppo, eguale alla metà del tempo che corre fra due cadute successive delle freccie di uno dei gruppi.

Supponiamo una batteria di dieci freccie, divisa in due gruppi di 5 freccie ognuna:

|| 1. 2. 3. 4. 5. || 1. 2. 3. 4. 5. ||

avremo la successione delle cadute:

1 3 5 2 4
4 2 5 3 1

oppure:

1 5 2 4 3
4 2 3 5 1

che è meno soddisfacente della precedente, ma però parimenti usata.

Il peso dei pestelli varia da 20 a 100, talvolta sale a 300 ÷ 400 kg. L'altezza di caduta è compresa fra 15 e 25 centimetri. I colpi battuti al 1′ sono 70 ÷ 100. Evidentemente la marcia lenta del boccardo permette l'eliminazione dei pezzetti sufficientemente piccoli per trascinamento della corrente d'acqua, sottraendoli così ad un'ulteriore frantumazione che darebbe del fino.

I pestelli danno più polveri delle cilindraie.

L'effetto utile del pestello essendo rappresentato dal prodotto del peso della freccia per l'altezza di caduta, l'un fattore potrebbe compensare l'altro per ottenere un dato risultato. Così però non è: una freccia leggera, cadendo da maggior altezza, dà un colpo secco e leggero, producendo lo scheggiamento dei pezzi, mentre una freccia pesante, cadendo da minor altezza, polverizza il materiale. Le freccie pesanti pertanto si usano solamente quando occorre polverizzare il minerale.

Il consumo d'acqua delle batterie di boccardi è sempre forte: in media 2 ÷ 4 m^3 per tonn. di materiale trattato.

La capacità di produzione di una batteria di 10 pestelli ordinari e leggeri può variare da 4 a 8 tonn. per 20 ore, secondo naturalmente la qualità del minerale che si tratta e il grado di finezza che si vuol raggiungere colla pestatura.

La spesa di rinnovazione dei dadi e delle mazze è con minerali molto duri, nelle ordinarie batterie di pestelli, piuttosto notevole.

Negli Stati Uniti si è installata qualche batteria di pestelli comandata da manovelle: ogni asta è in relazione a due molle, infilate sull'asta stessa, che comprendono il bocciolo anulare della manovella. Questa modificazione non ebbe però fortuna.

595. **Disintegratori.** — I disintegratori sono specialmente destinati alla fina polverizzazione di materiali non molto duri, come fosfati, cementi, ecc. Tuttavia s'impiegano con successo alcuni disintegratori per macinare dei minerali duri, potendosene anche arrestare, ove occorra, il grado di triturazione al punto che si vuole.

I disintegratori Frisbee-Lucop, Griffin, ecc., consistono in un robusto cilindro cavo, contro il quale si muovono all'interno, spinte da opportuni bracci, dei cilindri macinatori.

I disintegratori a sfere o *kugelmühle*, oggi assai diffusi, sono costituiti invece da un tamburo orizzontale, convenientemente corazzato all'interno con placche d'acciaio disposte presso a poco ad elica, nel quale si trova un certo numero di sfere pesanti. Queste, pel movimento del cilindro attorno al proprio asse, rovinano le une sulle altre, producendo, nella confricazione, la macinazione del ma-

teriale che si trova con esse nel cilindro. Man mano che il materiale è polverizzato, sfugge attraverso i fori delle corazze ed anche negli spazi che rimangono liberi fra le diverse placche del cilindro, per cadere poi da opportune finestrelle, munite di rete metallica, all'esterno.

I disintegratori di questo tipo, che sono usati per cementi, per caolini, ecc., hanno lunghezze di 6 ÷ 8 metri ed all'interno contengono al luogo delle sfere, dei ciottoli arrotondati di silice, che fin ora si trovarono soltanto sulle spiaggie del Baltico.

Gli apparecchi analoghi usati nelle miniere, hanno diametro di 1.50 ÷ 2 metri e m. 1.50 circa di lunghezza e contengono invece un centinaio circa di sfere d'acciaio, del peso di 10 ÷ 12 kg. ognuna. — Essi agiscono a secco od a umido.

Un mulino che misura m. 1.44 di diametro interno e che compie 28 rivoluzioni al 1', assorbendo circa 10 cav. può macinare a qualche millimetro circa un metro cubo di materiale, non eccessivamente duro, per ogni ora, se gli è somministrato in pezzi di circa un paio di centimetri di diametro. In confronto quindi ai pestelli, a parità di produzione, questi apparecchi riescono molto meno ingombranti.

La spesa di manutenzione è però elevata, poichè si consumano per sfere circa 150 kg. d'acciaio al mese e queste sotto un certo diametro riescono poi inservibili: le piastre trituranti si debbono ricambiare ogni anno e così pure rapidamente deperiscono le lamiere forate che servono nell'apparecchio a separare man mano il materiale triturato. Si può ritenere che il mulino si rinnova completamente ogni 4 anni.

Questi apparecchi possono sostituire le cilindraie con vantaggio nel solo caso che sia necessaria una macinazione molto fina.

I tipi più usati in Italia sono quelli di Krupp e di Allen (brevetto Ferraris).

596. Oltre i detti mulini a sfere — oggi largamente adottati nella macinazione di minerali — esistono altri tipi di disintegratori particolarmente adatti per materiali non molto duri, come carboni, fosfati, minerali argillosi, ecc., che utilizzano in vario modo la forza centrifuga.

Accenneremo per questi apparecchi ai tipi Carr, Devil, Vapart e Ciclone, facendo però notare che ne esiste una numerosissima serie.

Il disintegratore *Carr* serve solo per materiali teneri, come carboni, caolini, ecc. Due dischi circolari, muniti di due corone concentriche di piuoli, sono affacciati verticalmente, per modo che la corona di piuoli di un disco corrisponde fra le due corone di piuoli

dell'altro. I dischi ruotano con notevole velocità attorno ai proprii assi in senso però contrario ed il materiale, introdotto verso il centro dell'apparecchio, viene proiettato dalla forza centrifuga contro le corone di piuoli, ed attraversandole, per gli urti che riceve, si polverizza.

Un disintegratore di questo tipo, usato per carbone, può polverizzare 18 tonn. all'ora con una spesa di 15 cavalli. Le rivoluzioni sono 500 ÷ 600 al minuto primo.

597. All'esposizione di Parigi del 1900 figurava il disintegratore *Devil*, fondato sullo stesso principio ed adatto pure per materiali non duri. Esso consiste in larghi anelli convenientemente dentati, alcuni fissi e altri animati da un rapidissimo movimento di rotazione. I denti sono disposti in cerchi concentrici e sono di dimensioni diverse, in modo che la materia è sminuzzata per gradi, ed esce dall'apparecchio solo quando possiede la finezza necessaria per passare attraverso i denti più piccoli. Una disposizione speciale permette di avvicinare od allontanare gli anelli dentati fra di loro, onde sia possibile regolare il grado di macinazione del materiale.

Un disintegratore Devil può trattare da cinque a dieci tonnellate all'ora di materiale, assorbendo da 20 a 25 cavalli di forza.

598. Il disintegratore *Vapart* consiste in un disco orizzontale, munito di otto corniere radiali, che ruota dentro una camera cilindrica verticale, a pareti robuste e scanalate. Il materiale cade nel centro del piatto, che per la velocità che possiede, fa colle nervature l'ufficio di fionda e lo lancia con una grande forza contro la parete, per cui nell'urto si frantuma. Il disco ha un diametro minore della camera ed il materiale spezzato cade quindi lungo la parete in una tramoggia conica, che la riporta verso il centro di un disco sottostante, analogo al primo, calettato sullo stesso asse verticale.

L'apparecchio è composto di tre o quattro dischi, montati sopra un albero verticale che si muove con velocità di 500 o 1000 giri al minuto. Variando la velocità di rotazione, si può regolare a piacere la forza viva del materiale e quindi l'entità dell'urto contro le pareti che ne deve determinare la frantumazione. Con una potenza di 15 cav. si macinano con un disintegratore Vapart all'ora circa altrettante tonnellate di pirite.

599. Il *polverizzatore Ciclone* che funziona in modo analogo al precedente, è molto usato in America per polverizzare i fosfati.

Nel polverizzatore Ciclone il materiale è per la forza centrifuga lanciato contro due eliche d'acciaio, chiuse in una camera

metallica, che ruotano in senso inverso l'una per rispetto l'altra, compiendo da 1000 a 3000 giri al minuto. Il materiale macinato viene estratto dall'apparecchio coll'aspirazione, ed è evidente che producendosi una aspirazione più o meno forte, si può regolare il grado di polverizzazione al quale si vuole ridurre il materiale.

600. Infine i polverizzatori centrifughi a percussione sono costituiti da serie di martelli che agiscono percuotendo il materiale in camere generalmente cilindriche. Sono di questo tipo i polverizzatori *Tustin, Griffin, Multiple,* ecc. — Accenneremo solo che quest'ultimo è composto di più camere di diametri differenti, munite di placche ondulate e di giochi battitori che si muovono con velocità di 2000 giri al minuto. La corrente d'aria prodotta dagli stessi battitori, porta il materiale da trattare da una camera all'altra, ed esso, dopo aver subìto la successiva azione dei diversi giochi di battitori, esce da un collettore allo stato di polvere impalpabile.

Si accenna anche, per memoria, che vi sono dei polverizzatori conici, analoghi ai frantoi di cui già abbiamo parlato.

In tutti gli apparecchi di macinazione ha ora importanza l'acciaio al manganese. Questo acciaio speciale, che contiene dal 9 al 18 % di manganese, ha la preziosa proprietà che la tempra, mentre aumenta la durezza del metallo, ne sviluppa nello stesso tempo la tenacità.

Classificazione per grossezza.

601. Il materiale, frantumato al grado conveniente negli apparecchi precedentemente nominati, deve essere *classificato per volume*, e cioè secondo la grossezza dei grani, prima di subire l'arricchimento. Ci occuperemo più avanti dei criteri che guidano la classificazione per volume nelle laverie: ora esamineremo solamente gli apparecchi che ricevono il materiale dai frantumatori, per separarne le varie sorta di grani secondo il volume, per somministrarli poscia agli apparecchi arricchitori, i quali separeranno i minerali secondo la diversa loro densità.

Il minerale si classifica in due modi, e cioè, o coll'intervento della semplice gravità, facendolo passare sopra griglie o lamiere opportunamente perforate o reti metalliche, oppure valendosi dell'azione combinata della gravità e della resistenza che incontrano gli elementi a muoversi nell'acqua. Il primo metodo serve per i grani di diametro generalmente superiore a 1 mm.: il secondo si

impiega pei materiali più fini, che richiederebbero reti fittissime e quindi non di uso pratico. La prima classificazione rispecchia esclusivamente le dimensioni dei grani e per tal riguardo, esclusion fatta dalla forma geometrica di grani stessi, è rigorosa; la seconda invece dipende oltrechè dalle dimensioni, anche dal peso specifico dei diversi grani di materiale e quindi non è, dal punto di vista delle dimensioni dei grani, assoluta: È evidente però che se il materiale fosse omogeneo, la classificazione nell'acqua sarebbe parimenti rigorosa. Così è noto che colla *levigazione*, dagli smerigli fini (spoltiglie) se ne ricavano le diverse categorie cogli elementi rigorosamente di egual volume.

602. *Griglie.* — I minerali grossolani si classificano su *griglie*. Queste sono talvolta costituite da placche di ghisa a fori circolari o quadrati, che si dispongono orizzontalmente. Sopra esse cade il materiale da separare e se ne aiuta il passaggio, rimestandolo con pale o marre.

Altre volte le griglie sono costituite da serie di sbarre piatte, disposte a coltello l'una vicino l'altra, a distanza conveniente per la separazione che si desidera di ottenere. Le sbarre sono attraversate da spranghe cilindriche che mediante anelli o spessori, le mantengono alla voluta distanza fra di loro. Queste griglie si dispongono inclinate ed il materiale gettato nella parte più alta della griglia, scivolando verso il basso, si separa in due categorie, l'una costituita dai pezzi che attraversarono la griglia e l'altra dal rifiuto della griglia.

Le sbarre delle griglie conviene che abbiano sezione trasversale trapezia, collo spessore minore rivolto verso il basso per impedire gli intasamenti. L'inclinazione della griglia deve essere superiore a 45^0 e dipende dalla grossezza del materiale che riceve. Queste griglie sono il più soventi opportunamente sorrette da murature, in guisa che i vagoncini, che portano il minerale, lo scaricano alla parte superiore della griglia, mentre altri vagoncini accolgono direttamente il materiale separato alla parte inferiore. Le dimensioni sono: $2 \div 3$ m. di lunghezza e di 1 m. circa di larghezza e le sbarre misurano $70 \div 80$ mill. di altezza.

Le griglie a sbarre classificano bene il materiale a frattura concoidale: se esso ha invece tendenza a schistosità, è evidente che la separazione riesce imperfetta. Convengono allora griglie a sbarre non rettilinee, in modo che individuino delle aperture grossolanamente ellittiche, oppure delle griglie inclinate a sbarre trasversali.

Nella classificazione dei combustibili soventi si usano delle

griglie con sbarre speciali; queste molte volte sono anche mobili, e cioè possono subire dei movimenti relativi, che favoriscono lo scorrimento e la separazione del materiale senza che si produca molto fino per la confricazione dei pezzi.

603. *Rätter.* — I rätter sono specie di griglie, generalmente di forma trapezia, disposte con una lieve inclinazione e sostenute mediante catene. Il rätter è a sbarre o con lamiere perforate: esso riceve il materiale da un distributore e lo fa scorrere sul piano classificatore mercè ripetuti spostamenti, seguiti dai bruschi arresti che subisce il rätter stesso. All'uopo, come si disse, il rätter trovasi sostenuto da catene e può quindi per effetto di un eccentrico subire degli spostamenti pendolari, che al ritorno sono bruscamente arrestati; avviene così lo scorrimento del materiale lungo il piano inclinato. Il materiale minuto passa attraverso le sbarre o fra i fori della lamiera perforata.

Evidentemente un rätter può portare due o tre lamiere forate sottoposte: i fori della lamiera superiore dovranno essere maggiori di quelli delle lamiere inferiori. Si ottengono in questo modo diverse categorie di materiali che riescono calibrate per grossezza fra i limiti dati dai fori di due lamiere successive.

604. *Sfangatori.* — I materiali argillosi presentano soventi delle difficoltà gravi alla classificazione, perchè coll'acqua si impastano e non passano attraverso le lamiere o le tele forate. Si ricorre allora a sfangatori, nei quali si compie una specie di spappolamento del materiale nell'acqua. Servono all'uopo soventi dei tamburi orizzontali di lamiera, nei quali arriva col materiale dell'acqua abbondante: una serie di coltelli, montata sopra un albero coassiale al tamburo che gira su sè stesso, divide e spappola la massa argillosa.

605. *Trommels.* — Nel *trommel* (che in tedesco significa tamburo) il materiale è classificato secondo la grossezza dei grani perchè scende lungo una lamiera forata, disposta a forma di cono più o meno svasato, coll'asse orizzontale. Il cono è animato da un movimento di rotazione, relativamente lento, attorno al proprio asse. Le lamiere sono sostenute da una armatura, composta di cerchi in ferro fissati mediante razze all'albero orizzontale che sostiene l'apparecchio. La lunghezza dei trommels varia da 1 a 4 m.; il raggio maggiore è circa m. 0,60 ÷ 0,80. L'inclinazione delle generatrici del cono si tiene compresa fra 5° e 14°: il numero delle rivoluzioni al 1' varia generalmente da 18 a 30. I trommels antichi avevano maggior conicità e minor velocità tangenziale dei moderni. Sopra l'ar-

matura di ferro si distribuiscono, come si disse, le lamiere forate opportunamente centinate a costituire l'inviluppo conico.

È evidente come sopra un trommel, per es., di due metri d lunghezza, si possono disporre successivamente due inviluppi, ciascuno di un metro. Quello coi fori di minor diametro deve naturalmente esser collocato nella parte più stretta del cono, poichè è da quella parte che entra nel trommel il materiale da classificare. Se i grani del materiale da classificare hanno diametro minore di 5 mm. anzichè le lamiere perforate s'impiegano più soventi tele metalliche. La classificazione si può allora spingere fino a mm. 1 coll'aiuto di forti getti d'acqua disposti lungo le generatrici del cono.

Anzichè trommels conici, si usano talvolta dei trommels cilin-

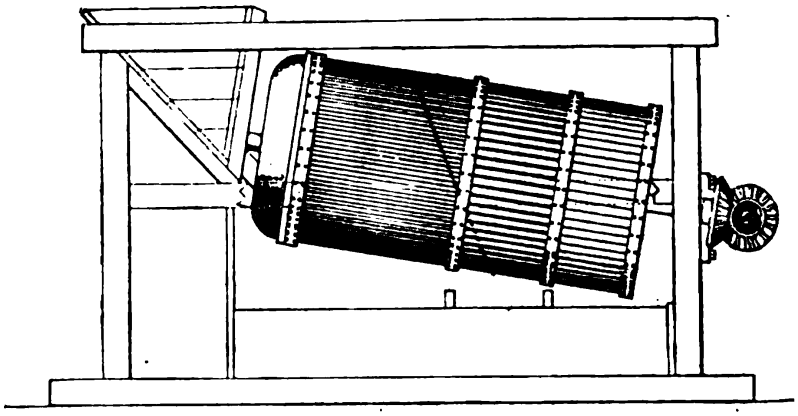


Fig. 196.

drici, montati coll'albero convenientemente inclinato fig. 196: il vantaggio principale consiste nel non essere obbligati a centinare le lamiere forate secondo le falde coniche del trommel.

I trommels si rivestono con tele metalliche o con lamiere a fori circolari: talvolta si adoprano lamiere con aperture allungate nel senso dell'asse del trommel, per offrire una maggior superficie utile al materiale che l'attraversa.

In alcune miniere si preferiscono ai trommels conici quelli tronco-piramidali, ed ai trommels cilindri quelli prismatici. Le lamiere forate sono allora piane e basta che siano ritagliate secondo le faccie trapezie o rettangolari della piramide tronca o del prisma per essere facilmente montate sui trommels.

Per evitare l'intasamento dei fori, il materiale da classificare è sempre accompagnato da molt'acqua.

Quando occorre separare il materiale in categorie numerose, si dispongono più trommels in caduta, in guisa che successivamente il rifiuto del trommel superiore alimenti l'inferiore. Mediante una coppia di ruote dentate, poste alle estremità degli alberi, si trasmette la forza dal trommel inferiore a quello superiore o viceversa (figura 197).

Un trommel con lamiere forate di 16, 25 e 40 mill. di 90 cent. di diametro e di 3 m. di lunghezza, compiendo 17 giri al 1' e coll' inclinazione di 3°, passa circa tonn. 10 di materiale all'ora.

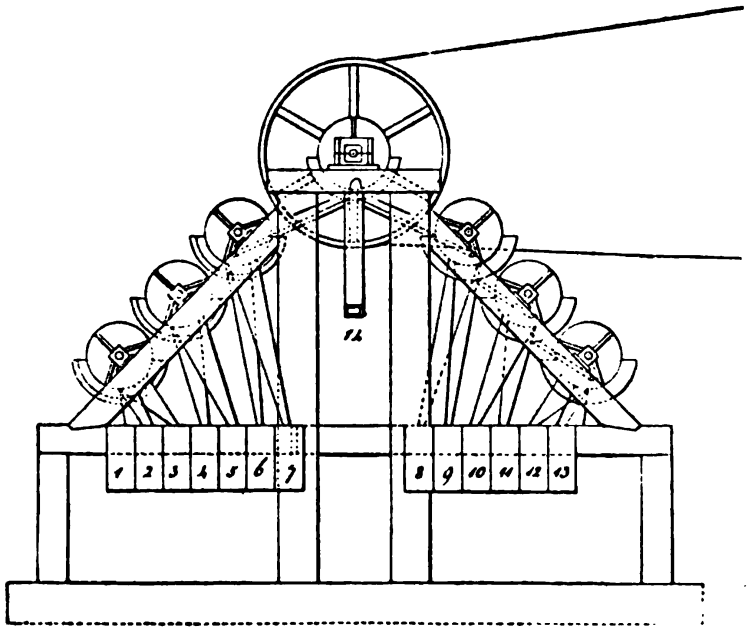


Fig. 197.

Un altro trommel di 75 di diametro e m. 1.50 di lunghezza con fori di 6 mm. passa circa 4 tonn. di materiale coll'inclinazione di $4° \div 5'$ e con 18 giri al 1'.

È ovvio che, indipendentemente dalle dimensioni e dalla velocità di rotazione dei trommels, la produzione è in relazione ai vuoti dei fori per metro quadro di superficie. Aumenta poi la produzione dei trommels coll'aumentarne il diametro, la quantità di materiale che contiene, la velocità di rotazione e l'inclinazione.

La quantità d'acqua limpida richiesta dagli spruzzatori longitudinali che sono sempre necessari per la pulizia delle tele, è per gli ordinari trommels circa 20 litri al 1'; la forza motrice può

valutarsi a $^1/_2$ cavallo nei trommels ben stabiliti di 0,90 di diametro e m. 1,80 di lunghezza. Naturalmente essa cresce col diametro del trommel, mentre per converso, diminuisce se viene riferita alle tonnellate di prodotto classificato.

Con due tele forate sul trommel, si ottengono evidentemente tre sorta di materiale. Se le tele hanno p. es. fori di 7 mm. e di 3 mm. di diametro, si avranno le seguenti categorie di materiali:

$$< 3 \text{ mm.}; \qquad < 7 \text{ mm. e } > 3 \text{ mm.}; \qquad > 7 \text{ mm.}$$

Sotto il trommel quindi dovranno stabilirsi degli involucri semicircolari, atti ad accogliere le tre categorie di materiale calibrato fra i limiti sopradetti.

Il movimento di rotazione del trommel è ottenuto con un imbocco conico calettato sull'albero orizzontale, oppure con una cinghia passante su una puleggia fissata allo stesso albero.

Raramente si adoperano i trommels a più rivestimenti concentrici, oppure a spirale con divisioni longitudinali, benchè essi siano concepiti meglio dei precedenti, sia perchè richiedono minor caduta, sia perchè il materiale, che entra nel trommel, si trova a contatto dapprima colla tela a fori maggiori, e quindi con quella più resistente dell'assortimento, al contrario di ciò che avviene coi trommels a un solo inviluppo. L'inconveniente dei trommels ad inviluppi concentrici risiede nel fatto che l'azione degli spruzzi di acqua sotto pressione, che feriscono lateralmente il trommel, riesce assai poco efficace: oltre ciò le ispezioni e le riparazioni delle lamiere o reti interne sono incomode a praticarsi.

606. *Vibrovagli o plansichter.* – Il principio dei *plansichter* dei mulini fu applicato alla classificazione dei materiali di laveria. L'apparecchio è costituito da un semplice canale di circa 20 cent. di larghezza, ottenuto piegando a |_| delle lamiere, appoggiato orizzontalmente sopra una serie di aste flessibili di legno, disposte con un angolo di circa 60° coll'orizzonte. Per mezzo di una biella comandata da un eccentrico, si imprime al sistema 200 a 300 scosse al minuto: il materiale disteso sul canale, procede a piccoli salti nella direzione segnata dall'inclinazione delle molle che sono costituite da due o tre lastre di legno flessibile, larghe $10 \div 15$ centimetri, fissate di posizione al piede sopra travi, mediante angolari di ferro.

Questi apparecchi sono stati talvolta semplificati, sostituendo all'eccentrico ed alla biella una manovella che comanda un telaio con doppie molle, analogo alla disposizione figurata a pag. 246 per la perforatrice Siemens.

Le lamiere che costituiscono il fondo dei canali sono opportunamente forate per la classificazione che si desidera: naturalmente si possono stabilire di seguito più lamiere, a fori man mano di maggior diametro, ed avere così diverse categorie di materiale, come pure si possono disporre due o tre lamiere sottoposte con fori man mano più piccoli e raccogliere analogamente diverse classi di materiale.

Basta in generale 0.80 ÷ 1 m. di lamiera forata per avere la separazione nel vibrovaglio del materiale che passa sopra.

Questi apparecchi danno luogo a un forte consumo di lamiere. Generalmente la classificazione dei grani è ottenuta col concorso dell'acqua che si distribuisce in getti sopra il vibrovaglio.

I vibrovagli richiedono cadute del materiale minori degli ordinari trommels: occorrendo, si può anche disporre il vaglio con una leggera inclinazione montante o scendente.

Il merito di aver applicato questi pratici apparecchi nella preparazione dei minerali spetta a Monteponi.

607. In tutti gli apparecchi classificatori occorrono lamiere forate; si dà pertanto la seguente *tabella delle lamiere d'acciaio* per fori circolari:

Diametro dei fori	mill.	30	16	10	7	4	3.5	1.5
Distanza fra i centri . . .	»	45	25	15	10	7	4.5	2.5
Spessore delle lamiere . .	»	4	4	4	3	2.5	2	1.5

608. Gli apparecchi classificatori che abbiamo descritto, non servono bene per materiali di dimensioni minori di uno o due millimetri. Solo in qualche caso si possono usare i plansichter, facendoli però operare sotto l'acqua.

Generalmente pei materiali molto fini si ricorre ad apparecchi classificatori speciali, nei quali la separazione degli elementi si compie in obbedienza a caratteristiche del materiale stesso, che non sono solamente funzioni della grossezza dei suoi elementi.

Conviene notare che quando il materiale è costituito da elementi di dimensioni maggiori di un quarto di millimetro, prende il nome di *sabbia*, mentre il materiale di dimensioni inferiori si dice comunemente *fango*, o dal tedesco *schlamm*.

Vi sono diversi apparecchi per classificare le *sabbie:* Gli *strömgerinne* sono generalmente costituiti da un canale di sezione rettangolare, trapezia o triangolare, con leggera inclinazione nel senso

della lunghezza, talvolta anche colle pareti laterali che, anzichè correre parallelamente, vanno avvicinandosi, allo scopo di conservare costante la velocità dell'acqua che scorre tra esse, e che tiene in sospensione la sabbia. Tratto tratto vi sono nell'apparecchio delle divisioni verticali, cui corrispondono sotto soventi delle piccole camere o capacità che permettono, mediante opportune valvole, di sottrarre il materiale che man mano si deposita.

609. Gli *spitzkasten* sono costituiti da tre o quattro casse piramidali, disposte l'una di seguito all'altra, in modo però che l'acqua, che trasporta la sabbia o il fango, possa passare da ognuna alla successiva. Il complesso delle casse forma quindi una specie di canale, ma le sezioni orizzontali delle casse sono stabilite in modo che quelle a monte sono più piccole di quelle a valle, ed in relazione alla sezione orizzontale è la profondità di ogni cassa. Accade allora che l'acqua che porta il fango, attraversa la prima cassa piramidale con una certa velocità v, e il materiale più pesante, descrivendo delle parabole, si deposita nella cassa, mentre quello meno pesante, percorrendo parabole meno arcuate, riesce a penetrare coll'acqua nella seconda cassa. Ma, essendo questa di dimensioni superiore alla precedente, la velocità v^1 della corrente sarà necessariamente minore di v, e nuovo materiale (il più denso fra quello trascinato dalla corrente) si depositerà nella seconda cassa e così via.

Questi apparecchi, composti di tre elementi, soventi ricevono correnti d'acqua ascensionali dalla punta inferiore delle casse: la corrente tende a diminuire l'inflessione delle parabole descritte dal materiale, per cui la separazione delle diverse categorie riesce più delicata. Questi ultimi apparecchi prendono il nome di *spitzlütten*.

610. A questi apparecchi tedeschi si sostituì a Monteponi una condotta forzata quasi orizzontale, che porta i fini: lungo essa il materiale si deposita formando delle sedimentazioni di densità diversa, e precisamente sono più dense quelle più profonde: alla parte inferiore di tale condotta si aprono, a distanza di qualche metro uno dall'altro, dei fori, ai quali fanno seguito, verticalmente in basso, dei corti tubi. È evidente che da essi sfuggirà coll'acqua del materiale, e di preferenza quello più denso che si trova sul fondo della condotta. Con una semplice disposizione viene però inviato in ogni tubo verticale, dal basso verso l'alto, un getto d'acqua limpida preso da una condotta sotto pressione. Il getto è regolabile a volontà, per cui, ove si voglia, esso può ricacciare nella condotta

orizzontale tutto il materiale che tende a cadere, o solo una parte di esso ed in questo ultimo caso cadrà evidentemente dall'apparecchio il materiale più pesante, mentre quello più leggero verrà dalla corrente ascensionale riportato nella condotta principale. Questi apparecchi ricevettero il nome di *idrovagli.*

Mentre la classificazione fatta sopra griglie, coi rätter, trommel, plansichter, ecc., è rigorosamente per volume — almeno per quanto consente la distanza fra le sbarre o la successiva grandezza dei fori delle lamiere perforate o delle maglie delle tele — le classificazioni dei fini ottenute per cadute del materiale nell'acqua o per l'azione combinata di correnti d'acqua orizzontali o verticali, che tendono ad opporsi alla gravità, sono come già si disse dipendenti oltrechè dalla grossezza di grani, anche dalla loro densità. Come vedremo in seguito con questi mezzi i grani si classificano per ***equivalenza*** od ***isodromìa*** e non rigorosamente per volume. La funzione caratteristica di questa classificazione contiene due variabili, e cioè il volume e la densità degli elementi che si considerano.

Ecco alcune determinazioni fatte dal Thoulet della velocità necessaria alle correnti d'acqua per mantenere, ad es., in sospensione grani di quarzo e di blenda:

Quarzo	Diametro in mill.	Velocità in mill. al 1"	Blenda	Diametro in mill. al 1"	Velocità in mill. al 1"
d = 2.5	0.2	32	d = 4	0.2	53
	1	107		1	168
	2	161		2	252
	3	188		3	295
	4	201		4	345
	5	206		5	324

Separazione per densità dei minerali.

611. Siccome la densità è una caratteristica della maggior parte dei minerali, così si trae partito di essa nella preparazione meccanica, per le separazioni secondo le specie mineralogiche. Si fanno quindi agire sopra i singoli grani, in senso antagonistico ad una forza che è costante per tutti i minerali, delle forze la cui risultante è funzione della densità del minerale.

La forza d'intensità costante che si fa entrare in gioco, è la

gravità, indipendente dalle specie mineralogiche e quindi eguale per ogni minerale: la forza antagonista può essere diversamente scelta e comunemente è data:

a) dalla resistenza del mezzo in cui si muove il grano di minerale;

b) dalla resistenza d'attrito offerta da superfici al movimento del grano di minerale;

c) dalla forza viva acquistata dal grano di minerale nel suo movimento.

Evidentemente la separazione per densità dei diversi grani di minerale si ottiene imprimendo movimento agli stessi, cioè spendendo della forza. Gli apparecchi arricchitori hanno quindi lo scopo di far muovere i grani di minerale in condizioni particolarmente favorevoli per la loro separazione secondo la densità.

612. Passeremo in rassegna gli apparecchi più comunemente usati nell'arricchimento dei minerali, e cominceremo da quelli che sviluppano come forza antagonista alla gravità la resistenza del mezzo in cui si fanno muovere i materiali che si debbono separare.

È evidente, da quanto fu detto, che se i minerali da separare hanno densità poco diverse, la separazione meccanica riesce difficile, complicata e soventi impossibile ad ottenersi.

In tutti gli apparecchi di preparazione meccanica che si fondano sul principio testè esposto, serve come mezzo resistente l'acqua, ed in ogni caso occorre della forza motrice per sollevare il materiale, onde ne sia resa possibile la ulteriore caduta, oppure per imprimere alle correnti d'acqua le velocità necessarie per provocare il movimento del materiale.

Le considerazioni che ora andremo esponendo, hanno carattere teorico, poichè nella pratica gli apparecchi arricchitori sono lungi dal presentare le condizioni speciali che noi ammetteremo si verifichino nel nostro ragionamento. Questo tuttavia varrà ad illuminarci sul *meccanismo* dell'arricchimento dei minerali, ottenuto coi principali apparecchi delle laverie per cui potremo valutare l'importanza delle varie condizioni che presiedono o che governano l'arricchimento stesso.

Giova notare che noi, supponendo il caso teorico, non ci mettiamo nelle migliori condizioni del trattamento pratico, ma bensì rendiamo necessario che in esso si verifichino condizioni rigorose per arrivare alla separazione dei materiali. Nel trattamento dei minerali nelle laverie le condizioni che si verificano durante la separazione, sono notevolmente diverse da quelle che noi suppor-

remo, ma in generale favoriscono sempre la separazione stessa. Per cui quanto diremo, non riassumerà le condizioni *necessarie* e *sufficienti* al trattamento, ma bensì condizioni perfette di trattamento dalle quali la pratica mostra che ci si può soventi notevolmente scostare.

613. Premettiamo la seguente:

Tabella della densità di alcuni minerali e ganghe

Metalli e minerali		Densità	Percentuale in metallo	Ganghe	Densità
Metalli	Bismuto	9.7		Baritina	4.7
	Rame	8.8		Siderite	3.6
	Stagno	7.3		Fluorina	3.2
	Zinco	7.2		Dolomite	2.9
$NiAs$	Nichelina	7.5	43.6 % Ni	Anidride	2.8
PbS	Galena	7.2	70 % Pb	Calcite	2.7
SnO^2	Cassiterite	6.4	78.6 Sn	Quarzo	2.6
$PbCO^3$	Cerussite	6.4	70 % Pb	Schisto	2.1
$Fe.As.S$	Mispickel	6.3			
Cu^2O	Cuprite	5.8	88.8 Cu		
Fe^3O^4	Magnetite	5.5	70 % Fe		
Fe^2S	Pirite di ferro	4.8	46 % Fe		
Sb^2S^3	Stibina	4.5	71.7 Sb		
$Cu^2S + Fe^2S^3$	Pirite rame	4.2	34 % Cu		
ZnS	Blenda	3.9	67 %		
$^2ZnOSiO^3$, $ZnCO^3$	Calamina	3.8	53 %		
Carboni	Antracite	1.5			
	Litantrace	1.4			

Conviene nella pratica determinare in ogni caso la densità dei minerali che si vogliono separare con una bilancia idrostatica o con soluzioni dense, essendo soventi le densità dei materiali mineralizzati, che provengono dalle miniere, notevolmente differenti da quelle sopra riportate.

Ci occuperemo ora dell'arricchimento e distingueremo il materiale in grani o *granaglie* ($> 2\ ^m/_m$) dal *fino* (sabbie e fanghi).

Arricchimento delle granaglie.

614. Un grave che cade liberamente nel vuoto, assume in t secondi la velocità:

$$v = g\,t = \sqrt{2\,g\,h}$$

dove v è espresso in metri al 1″ ed h indica l'altezza di caduta in metri.

Ne segue, come è ben noto, che la velocità di libera caduta è assolutamente indipendente dalla natura del grave che cade.

La libera caduta dei gravi non può quindi essere utilizzata per separarli secondo la densità; ma la caduta libera non si realizza, evidentemente, che nel vuoto.

Se i gravi cadono nel vuoto con eguale velocità, e cioè sono *isodromi* (corrono egualmente), il lavoro che essi svolgono nella caduta è però diverso da grano a grano, perchè diverse sono le masse messe in movimento; quando questo lavoro viene consumato per vincere delle resistenze che si oppongono al movimento, è evidente che le singole velocità v di caduta dei gravi riescono alterate e pertanto più non saranno eguali per tutti i grani.

Se consideriamo la caduta di un grano in un mezzo resistente, la resistenza che offre il mezzo al movimento, sappiamo che è proporzionale alla sezione del grano ed al quadrato della velocità assunta dal grano stesso: la resistenza che si oppone al movimento di un grano crescerà quindi colla velocità del movimento ed è intuitivo che l'accelerazione tenderà quindi ad annullarsi, e cioè il grave, dopo un certo percorso, continuerà a cadere con moto uniforme. La resistenza del mezzo assorbirà allora esattamente il lavoro dell'accelerazione di gravità. Questa velocità limite u, evidentemente diversa da grano a grano, sarà funzione della sezione, ossia del *volume*, e della *densità* del grano.

Consideriamo un grave e precisamente un grano di minerale. Esprimiamone il volume V in funzione di una sua dimensione a mediante un certo coefficiente K, che dipenderà dalla forma del grano:

$$V = K a^3$$

(se il grano è p. es. sferico, $a = d$ e $K = 0.523$).

Sia δ la densità di detto grano e supponiamo di abbandonarlo a sè in seno a dell'acqua tranquilla. Scriviamo l'equazione delle

forze che lo sollecitano nel movimento: Massa $\times$ accelerazione = peso — spinta d'Archimede — resistenza offerta dal liquido.

La *massa* del grano è $\frac{K a^3 \delta}{g}$; l'*accelerazione* J; il *peso* $K a^3 \delta$; la *spinta d'Archimede* $K a^3$; la *resistenza* sarà proporzionale alla sezione $K^1 a^2$ del grano ed al quadrato della sua velocità v.

Quindi:

$$\frac{K a^3 \delta}{g} \cdot J = K a^3 \delta - K a^3 - K^1 a^2 v^2 \qquad (1)$$

da cui:

$$J = g\left(\frac{\delta - 1}{\delta} - \frac{K^1}{K}\frac{v^2}{a\delta}\right)$$

Quando $v = u$ l'accelerazione J è zero perchè il grano si muove con moto uniforme:

$$g\left(\frac{\delta - 1}{\delta} - \frac{K^1}{K}\frac{u^2}{a\delta}\right) = 0$$

$$u = K_1 \sqrt{a(\delta - 1)} \qquad (2)$$

che è la formula di Rittinger, dove K_1 è un certo coefficiente determinabile coll'esperienza, che dipende dalla forma dei grani. Pei grani arrotondati K_1 è 3.2, per grani allungati 2.65, per grani appiattati 2.35.

Nella pratica, riferendosi al diametro dei fori delle lamiere attraverso cui passa il minerale, si ritiene: $K_1 = 2.44$.

La velocità limite u, assintotica, per grani di minerale cadenti nell'acqua, è rapidamente raggiunta, e bastano pochi millimetri o brevi frazioni di secondo, perchè i grani cadano nell'acqua con velocità uniforme.

La variabile caratteristica, che definisce allora la velocità u di caduta per ogni grano, è dalla (2): $a(\delta - 1)$. Ne segue che due grani di dimensioni a, a^1 e di densità δ, δ^1 cadranno colla stessa velocità in seno all'acqua, ossia saranno *equivalenti* o *isodromi* se:

$$a(\delta - 1) = a^1(\delta^1 - 1).$$

Ma l'isodromia si oppone evidentemente alla separazione dei grani secondo la densità: se $a = a^1$ è chiaro che la relazione scritta non potrà sussistere che per $\delta = \delta^1$. I grani cadenti con egual velocità avranno in tal caso densità eguale, ossia in generale saranno della stessa natura mineralogica.

615. Ne segue che la *classificazione per volume* è l'operazione

preliminare indispensabile per ottenere, col processo che andiamo precisando, la rigorosa separazione per densità dei diversi grani di minerale. Ma la divisione del materiale in lotti di grani di eguale grossezza è praticamente impossibile: Abbiamo visto, infatti, che il materiale si classifica per volume mediante lamiere forate, ed ogni lotto così ottenuto, contiene quindi i grani che attraversarono i fori di una lamiera e furono rifiutati dalla lamiera successiva: Se consideriamo due lamiere successive, che diremo n e $n+1$, i cui fori siano D_n e D_{n+1}, i grani di materiale separati fra esse potremo dire che saranno:

$$< D_n \text{ e } > D_{n+1}.$$

Supponiamo che in questo materiale vi siano due grani, di dimensioni a, a^1 e di densità δ e δ^1, isodromi. Dovrà essere per quanto già si disse:

$$a\ (\delta - 1) = a^1\ (\delta^1 - 1)$$

ossia:

$$\frac{a}{a^1} = \frac{\delta^1 - 1}{\delta - 1} \qquad (3)$$

Orbene, se il rapporto dei fori delle due lamiere n e $n+1$ è eguale a $\frac{\delta^1 - 1}{\delta - 1}$, l'isodromia fra i grani così separati è impossibile. Se, infatti,

$$\frac{D_n}{D_{n+1}} = \frac{\delta^1 - 1}{\delta - 1}$$

si potrà scrivere per la (3):

$$\frac{D_n}{D_{n+1}} = \frac{a}{a^1}$$

Facilmente però si dimostra che questa equazione è assurda: infatti il grano a per essere passato attraverso la lamiera con fori D_n dovrà essere:

$$a < D_n$$

mentre il grano a^1, per essere stato rifiutato dalla lamiera con fori D_{n+1} dovrà essere:

$$a^1 > D_{n+1}$$

Come si vede, la coesistenza delle tre ultime relazioni è inammissibile: Dunque, per evitare i grani isodromi, date le densità δ

e δ^1 dei materiali da separare, basterà instituire una classificazione preliminare per volume in modo che i successivi diametri dei fori delle lamiere classificatrici formino una progressione geometrica con la ragione:

$$\frac{\delta^1 - 1}{\delta - 1}$$

Evidentemente le classi per volume saranno tanto minori di numero quanto maggiore sarà lo scarto di densità dei materiali da separare.

Se si deve separare galena ($\delta = 7{,}5$) da quarzo ($\delta = 2.6$) si avrà:

$$\frac{7.5 - 1}{2.6 - 1} = \frac{6.5}{1.5} = 4$$

Se invece si dovesse separare galena ($\delta = 7{,}5$), quarzo ($\delta = 2.6$) e blenda ($\delta = 4$) sarà necessario che la classificazione per volume eviti l'isodromia fra la blenda ed il quarzo: a *fortiori* sarà così evitata fra la blenda e la galena: Il rapporto della classificazione sarà:

$$\frac{4 - 1}{2.6 - 1} = \frac{3}{1.6} = 1.87$$

la successione dei fori delle lamiere classificatrici sarà, partendo ad esempio da 1 mill.:

1	1×1.87	$1 \times \overline{1.87}^2$	$1 \times \overline{1.87}^3 \ldots\ldots$
1	1.87	3.49	6.52 $\ldots\ldots$

e praticamente la perforazione delle lamiere potrà, ad es. essere di 1, 1.5, 3.6 . . . . . mill. di diametro.

616. Nei primi istanti delle cadute dei grani in seno all'acqua, la velocità v è piccola e più piccolo ne è quindi il quadrato v^2: nel secondo termine dell'eguaglianza (1) diviene allora trascurabile $K^1 a^2 v^2$ e l'accelerazione quindi dipenderà essenzialmente da δ, cioè dalla densità dei grani:

$$\frac{K a^3 \delta}{g} J = K a^3 \delta - K a^3 = K a^3 (\delta - 1) \qquad J = k\left(\frac{\delta - 1}{\delta}\right)$$

Se quindi la classificazione per volume evita l'isodromia per le velocità assintotiche u, a maggior ragione l'eviterà per ogni velocità intermedia v. Ed anche ne segue che nei primi istanti delle cadute, la separazione dei grani secondo la densità avviene

fino a un certo punto indipendentemente dalla classificazione per volume.

Quindi i grani densi prenderanno nei primi istanti della caduta decisamente l'avanzo sopra quelli meno densi, ancorchè questi ultimi siano di dimensioni maggiori: ne segue che se due grani divennero isodromi dopo i primi istanti della caduta, nei primissimi istanti però si distanziarono se diversa è la loro densità.

Nella separazione dei minerali secondo la densità, della quale ci occupiamo, i primi istanti della caduta riescono quindi i più efficaci; si comprende quindi come, moltiplicando il frazionamento delle cadute, si possa con un materiale anche male calibrato, giungere ad una conveniente separazione per densità.

Realizzano questa condizione di funzionamento i *crivelli a mano,* nei quali si verifica appunto una ripetizione di piccole cadute del materiale in seno a dell'acqua tranquilla: il materiale è contenuto in una specie di tina o cassa mobile col fondo di rete metallica, che pesca in un'altra tina o cassa fissa più grande, contenente dell'acqua. Pel movimento della cassa mobile il materiale soggiace ad una serie di cadute nell'acqua.

Il crivello porta il nome, a seconda dei paesi, di crivello *sardo*, *spagnuolo*, *inglese*, ecc. Esso differisce nelle diverse contrade essenzialmente per il modo di sostegno della tina mobile che soventi è agganciata ad un legno flessibile, altre volte invece ad una leva contrapesata che urta nel suo movimento fra due arresti.

Il *crivello sardo* consta di una tina di circa m. 0.50 di diametro alta m. 0.30, chiusa inferiormente da una tela metallica. Essa pesca in una tina circolare più ampia, fissata al suolo e che contiene dell'acqua, sostenuta da tre corde al capo libero di un legno elastico, incastrato orizzontalmente sopra la tina. — Il materiale da separare si colloca sopra la rete nella tina, poscia l'operaio, agendo sulle corde, provoca coll'elasticità del legno superiore una serie di brusche oscillazioni verticali della tina, la quale così affonda e rapidamente si solleva nell'acqua contenuta nella tina maggiore.

Il *crivello inglese* rappresenta un perfezionamento del crivello precedentemente descritto: fu introdotto in Inghilterra coll'intento di aumentare la produzione dell'apparecchio. Il movimento alla massa di minerale è impresso facilmente mercè una leva contrappesata, che urta al momento opportuno in arresti.

Il crivello inglese comporta un cassone parallelepipedo di legno, che contiene l'acqua: in esso è collocata un'altra cassa, chiusa inferiormente con tela metallica, di dimensioni alquanto

minori della precedente, destinata ad accogliere il minerale. Una staffa di ferro unisce con una controleva *c* questa cassa mobile ad una leva di primo genere fulcrata su un appoggio *f*. È evidente che agendo sulla estremità della leva, si può abbassare o sollevare la cassa, contenente il minerale, nell' acqua. L' operaio gravando col corpo sulla leva, solleva rapidamente la cassa, mentre abbandonando la leva essa ricade per effetto del proprio peso nell'acqua fino al brusco arresto che subisce pel gioco delle staffe. Il minerale in questa fase *cade* nell'acqua, mentre poi, nella fase successiva, sarà sollevato per rendere possibile una seconda caduta.

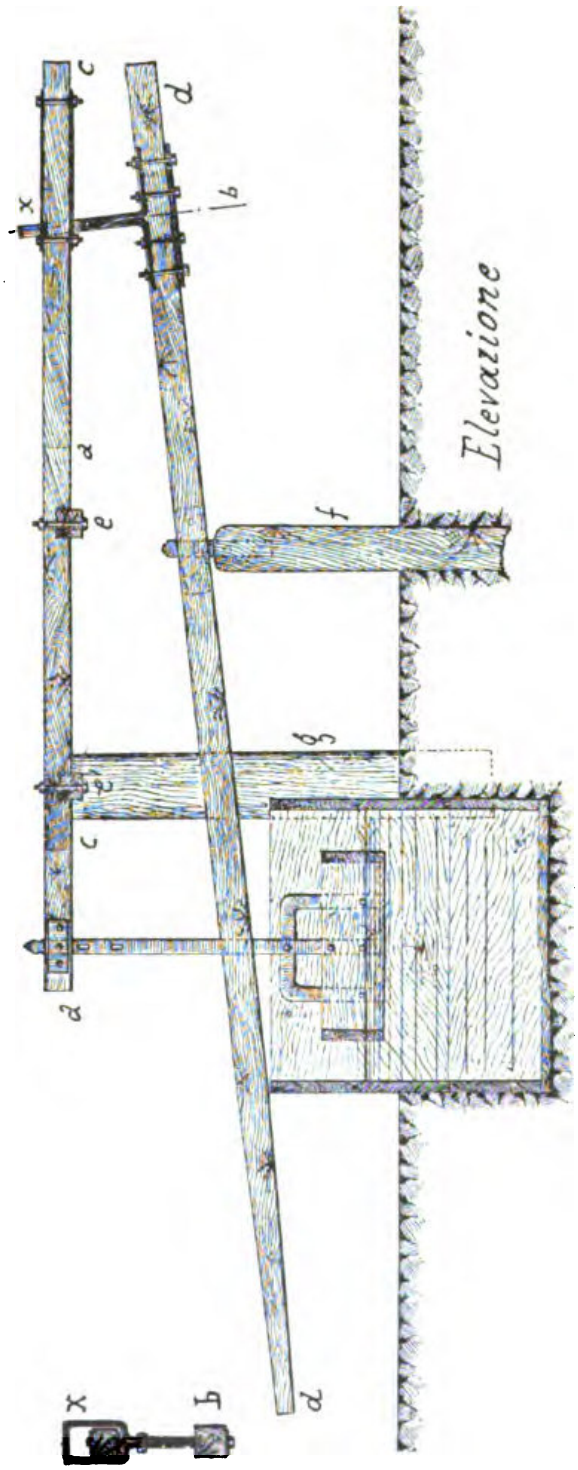


Fig. 198.

In questi apparecchi, come si disse, il materiale viene sollevato e lasciato cadere per piccoli tratti nell'acqua contenuta nella cassa o nella tina che appoggia sul

suolo: effettivamente il paniere che contiene il minerale inizia il suo movimento con una velocità maggiore di quella che comporta nei primi istanti la caduta del materiale nell'acqua. La separazione del materiale per densità avviene quindi secondo quanto abbiamo detto in precedenza.

Questi apparecchi danno buoni risultati anche con materiali grossolanamente classificati; consumano pochissima acqua e richiedono spese insignificanti d'installazione. Ogni crivello esige però l'assistenza di un operaio.

I crivelli sardi, più leggeri di quelli inglesi, sono generalmente affidati a donne: La produzione è evidentemente variabile col materiale che si passa. Nel crivello sardo si possono passare $2 \div 2{,}5$ m³ di minerale in dieci ore: Un crivello inglese può passare 3-4 m³ nello stesso tempo.

Il materiale ricco (prima) si raduna sul fondo del paniere e si toglie tratto tratto per spillatura.

Naturalmente a questi apparecchi arricchitori s'inviano dei materiali relativamente ricchi, nei quali il minerale costituisce molti elementi a sè privi di sterile.

Con minerali non poveri il trattamento ai crivelli sardi ed ai crivelli inglesi è economico.

Evidentemente però questi apparecchi non sono *finitori,* e cioè non danno dello sterile. Essi servono per un primo trattamento sommario del minerale che esce dalla miniera, sopratutto per impoverire il materiale che dopo si deve mandare alla preparazione meccanica, allo scopo di ottenere gli sterili più poveri possibile di metallo.

617. *Crivelli meccanici.* — La produzione relativamente piccola dei crivelli a mano, la mano d'opera che essi richiedono e l'impossibilità di ottenere da essi dei rifiuti sterili, fecero entrare nella pratica corrente delle miniere di qualche importanza, i crivelli meccanici.

Nei crivelli meccanici non si ha la *caduta* del materiale per effetto della gravità in seno all'acqua tranquilla, ma il materiale è trascinato verticalmente da una corrente d'acqua che inverte ad ogni istante il senso del proprio movimento. Quando la corrente d'acqua è ascensionale, essa agisce come forza antagonista della gravità, ed allorquando assume una certa velocità, solleva il materiale nel suo movimento; quando invece la corrente si dirige in basso, essa coopera colla gravità, e trascina nella discesa il materiale.

Il crivello meccanico, che è con dettaglio descritto al n. 621, consiste in un cassone a due compartimenti comunicanti fra loro, riempito fino ad una certa altezza d'acqua. A livello dell'acqua in uno dei compartimenti si trova, sostenuto da una tela metallica, il materiale, mentre nell'altro compartimento può muoversi un pistone di legno, azionato per mezzo di un'asta verticale, da un eccentrico. Il pistone nella sua discesa spinge l'acqua nel compartimento del minerale; nella successiva alzata invece l'acqua si precipita da detto compartimento in quello contiguo per occupare lo spazio generato dal pistone: Si vede quindi che il funzionamento del crivello meccanico è affatto diverso da quello a mano. In quest'ultimo, infatti, il materiale *cade* nell'acqua stagnante, mentre nel crivello meccanico il materiale è dapprima *sollevato* dalla corrente ascensionale e cade poscia *trascinato* dalla corrente discensionale. Evidentemente nella prima fase i grani isodromi si metteranno in moto contemporaneamente appena l'acqua avrà raggiunto una certa velocità, ed il movimento dei grani poscia si annullerà, quando la corrente avrà diminuito convenientemente di velocità: i grani passano quindi dallo stato quiete a quello di movimento rapidamente: quelli relativamente più leggeri — a parità di volume — si metteranno in moto prima di quelli più pesanti, che saranno più tardi ad assumere la velocità dell'acqua, ed i grani più pesanti cesseranno di essere trascinati dalla corrente ascensionale prima di quelli più leggeri, per cui innanzitempo annulleranno la propria velocità per cadere: nei primi istanti la caduta sarà ostacolata dalla corrente ascensionale, ma poi questa, a sua volta annullandosi per divenire discendente, trascinerà i grani nel movimento fino a che s'arresteranno sulla tela metallica che li sostiene. — Se consideriamo nella discesa due grani isodromi, alla caduta quale l'abbiamo considerata al n. 615 si sovrapporrà l'effetto della corrente, il quale sarà maggiore pel grano di maggior sezione.

L'isodromia quindi in questo caso sarà più ampia, vale a dire potranno essere isodromi grani che non lo sarebbero cadendo nell'acqua tranquilla. La classificazione pertanto, coll'impiego del crivello meccanico, deve essere più stretta per ogni categoria, e cioè più rigorosa che col crivello a mano.

618. Delle due fasi del movimento dell'acqua nel crivello meccanico è evidentemente, per la separazione dei grani secondo la densità, più vantaggiosa quella ascensionale, e per evitare che i grani giacciano oziosi sulla tela metallica che li sostiene, conviene che il movimento d'ascesa dell'acqua nel crivello sia rapido; nella se-

conda fase, invece, la velocità dell'acqua altera svantaggiosamente la separazione secondo la densità dei grani, poichè dà parte notevole al volume nel movimento dei grani stessi. Quindi conviene in questa seconda fase diminuire la velocità di discesa dell'acqua, ossia di ascesa del pistone.

Si erano quindi sostituiti in passato al semplice eccentrico che comandava i pistoni, dei sistemi articolati speciali, pure comandati da eccentrici, ma che rendevano la fase di dicesa del pistone assai più breve di quella di salita; più semplicemente talvolta l'asta del pistone era comandata per mezzo d'un glifo differenziale posto in movimento dall'eccentrico.

Queste ed altre disposizioni meccaniche avevano però l'inconveniente che gli organi si logoravano rapidamente e furono perciò abbandonate. Più pratico è di munire la faccia inferiore del pistone di valvole a linguetta, e di fare l'alimentazione dell'acqua del crivello dal compartimento del pistone: in questo modo si avvicina la fase di discesa dei grani a quella di caduta nell'acqua tranquilla.

619. Con una classificazione per volume relativamente rigorosa, si ottiene dal crivello meccanico, in grazia al grande numero di colpi che batte, un'ottima separazione del materiale per densità. Il materiale, dopo un certo numero di colpi di pistone, costituisce sopra la rete metallica una serie di strati sovrapposti a grani equivalenti, di densità decrescente a partire dalla tela metallica sulla quale si trova accumulato il materiale più denso, e cioè più ricco. Tratto tratto quindi si sospende il funzionamento del crivello per togliere con cura il materiale superiore e spillare colla pala il minerale accumulatosi sulla tela metallica, con operazione analoga a quella che si compie nei crivelli a mano. Quest'operazione necessariamente sospende il funzionamento del crivello e riesce pèrtanto costosa.

Si pensò quindi di rendere il crivello meccanico ad azione continua, aprendo una finestrina nella parete della cassa del crivello immediatamente sopra la tela metallica e disponendo in corrispondenza un largo tubo piegato che s'apre nello strato ricco di minerale ed all'esterno, oppure disponendo attraverso detto strato un tubo di ferro, che sbocca con leggera inclinazione all'esterno e che è munito a metà lunghezza di una larga finestra per accogliere il minerale ricco ovvero, infine, adottando altre disposizioni.

619. *Crivello filtrante.* — Se il materiale è fino, occorrerebbe stabilire nel crivello una tela metallica molto fitta per sostenere il materiale ed essa creerebbe una forte resistenza al movimento dell'acqua. Si pensò quindi di disporre sopra una tela metallica con

maglie di ordinaria grandezza uno strato di materiale grossolano, alquanto più denso del minerale che si vuol separare: questo strato di materiale — che prende il nome di *letto* o di *preparazione del crivello* — è costituito talvolta da pezzetti del minerale puro che si vuol ottenere, o quando questo è fragile, da altri minerali di densità eguale o alquanto superiore, oppure se la densità conviene, da sferette o dischetti di ferro. — Nell'arricchimento dei carboni s'usa costituire il letto dei crivelli con cristalli di feldspato, che ha densità poco maggiore dello schisto che si vuol separare; nel trattamento delle blende s'impiegano in qualche miniera letti di pirite di ferro, che è più dura della blenda, pure usata, del resto per costituire i letti dei crivelli in altre miniere. Talvolta si preferiscono dischetti di ferro al luogo della galena per costituire il letto dei crivelli che separano la galena, ed in altri casi si usano anche letti sovrapposti ad es. di galena e di blenda, ecc.

Il materiale fino da separarsi si trova quindi nel crivello sopra il letto, e per l'azione del crivello i granelli più pesanti si raccolgono dopo alcuni colpi a contatto del letto stesso: Accade che, essendo questo costituito da grani relativamente grossi, che creano quindi numerosi meati nella massa e che si sollevano inoltre alquanto sotto l'impulsione della corrente ascensionale, il *fino* pesante si insinua gradatamente nel letto e finisce per attraversarlo, quasi *filtrando* attraverso ad esso, per cadere nella parte inferiore del crivello. Questi crivelli, che sono continui, prendono quindi il nome di *filtranti* e sono anche detti *crivelli dell'Harz* dalla località ove prima furono introdotti.

620. È evidente che si possono mettere in serie più crivelli semplici quali li conosciamo fino ad ora. Si ha allora un crivello a più compartimenti. Da un estremo del crivello entra, trascinato dalla corrente d'acqua, il materiale da trattarsi: esso subisce una prima separazione nel primo compartimento a minerale: il rifiuto del primo compartimento passa nel secondo, dove avviene una nuova separazione ed il rifiuto, sempre trascinato dalla corrente d'acqua che alimenta il crivello, passa nel terzo compartimento e così via.

Si costruiscono oggi crivelli a 5 ed anche a 6 compartimenti, ottenendo così dei rifiuti finali poverissimi. Naturalmente la produzione dei primi compartimenti è più ricca di quella ottenuta nei compartimenti successivi. Se questa ultima non raggiunge i tenori mercantili, si ripassa in altri crivelli per eliminare nuovo sterile.

Quando si trattano minerali complessi, si stabiliscono i letti di densità decrescente per ottenere nel trattamento la separazione

dei diversi minerali nei succsssivi compartimenti. Così ad es. trattando un minerale quarzoso di galena e blenda in un crivello a 4 compartimenti, si pososno costituire i due primi letti di galena e i due ultimi di blenda. Si otterranno allora: galena, galena-blendosa (da ripasso), blenda e blenda povera (da arricchire).

621. Nella fig. 199 è rappresentato un crivello del tipo comune che s'incontra in Sardegna, sezionato trasversalmente. La cassa del crivello, che è divisa in vari compartimenti, termina inferiormente a punta. Ogni compartimento è diviso longitudinalmente in due capacità comunicanti fra loro. In una pesca lo stantuffo *p* di legno, sostenuto da un'asta *a*, la quale fa capo ad un eccentrico solidale all'albero *e*. Questo è sostenuto sopra il crivello da appositi sopporti che appoggiano su cavalletti. Nell'altra capacità del crivello è disposta una griglia di legno o di ferro, a sopportare la tela metallica o la lamiera forata che reggerà il materiale. Questo arriva al crivello, convogliato da una corrente d'acqua, dal canale *c*. È evidente che pel moto dell'albero *e*, comandato da una trasmissione, lo stantuffo *p* s'alzerà e s'abbasserà nella cassa, e per essere questa riempita d'acqua, l'acqua stessa si abbasserà e si alzerà attraverso il materiale sorretto dalla rete *g*. Il materiale quindi si separerà secondo la densità dei grani e quelli più pesanti si accumuleranno sopra la rete, mentre quelli più leggeri rimarranno alla parte superiore del letto di materiale e saranno trascinati nel compartimento seguente dalla corrente d'acqua che porta il materiale.

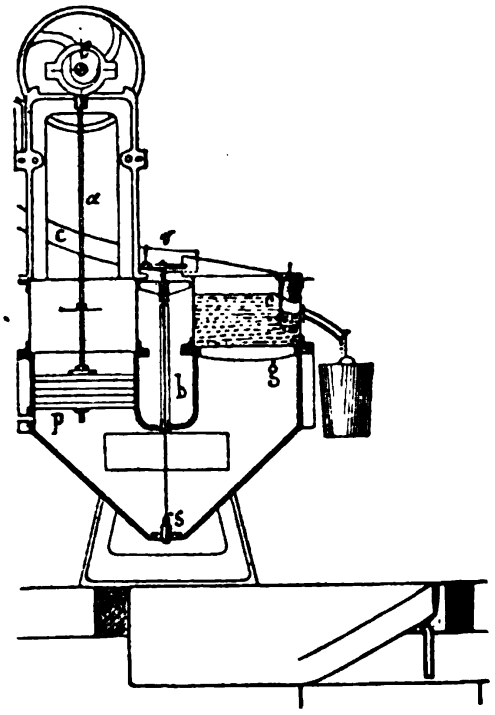


Fig. 199.

Nella figura si vede una disposizione per la spillatura automatica del materiale.

Un crivello completo, è costituito da diversi compartimenti

analoghi, posti uno di seguito all'altro. I compartimenti destinati al minerale si succedono con piccoli dislivelli a formare un canale, al cui estremo, a monte, entra il materiale, che viene trascinato lungo esso dalla corrente d'acqua: i grani ricchi lungo il percorso sono sottratti dai diversi compartimenti, mentre lo sterile, infine, esce coll'acqua dal compartimento più a valle.

Se il crivello è filtrante, il ricco si accumulerà sul fondo della cassa, da dove sarà tolto manovrando una valvola *s* a mezzo del volantino *v*. Sotto ogni compartimento si trova allora, come è segnato in figura, una fossa munita di sfioratore d'acqua, per raccogliere il minerale.

Nei crivelli a più compartimenti il materiale più denso si ottiene nel primo compartimento, mentre negli altri il prodotto è man mano meno denso. Evidentemente quindi da uno stesso crivello si possono ottenere diversi minerali separati, e compiere cioè l'arricchimento e la separazione di minerali complessi. Se però le differenze di densità fra i diversi materiali che si vogliono separare non sono notevoli, la netta divisione dei minerali non si otterrà in ogni scompartimento, ma in alcuni si avranno dei prodotti misti, che sarà necessario ripassare. Così pure gli ultimi compartimenti servono a togliere le particelle metallifere che ancor rimangono nel materiale, onde esca dal crivello il rifiuto più impoverito possibile: Il prodotto degli ultimi compartimenti costituisce quindi un materiale da ripasso, che deve cioè, con una nuova operazione essere concentrato per prodotto mercantile.

I crivelli filtranti presentano dei grandi vantaggi su quelli a spillatura e sono quindi preferiti: s'adottano, infatti, fino a che la grossezza dei grani non lo impedisce.

Le sezioni dei compartimenti del materiale e del pistone sono generalmente eguali, a ciò ben prestandosi la costruzione dei crivelli. Questi sono generalmente formati con placche di ghisa alle testate dei compartimenti, nelle quali sono ricavati i cavalletti che devono sopportare l'albero. Le casse e le divisioni longitudinali sono di pitch-pine.

La lunghezza dei compartimenti varia da 50 a 80 centimetri e la larghezza da 40 a 60.

La marcia più o meno rapida del crivello è in relazione al materiale che tratta, come pure l'ampiezza delle escursioni del pistone. Se il materiale è fino, il pistone batte numerosi colpi di piccola ampiezza; se il materiale è invece a grani grossi, il pistone compie lunghe escursioni, muovendosi con una certa lentezza per dare agio ai grani di differenziarsi nel movimento.

622. Nei crivelli filtranti si trattano con grande perfezione le *sabbie*. La corsa dello stantuffo è allora di qualche millimetro solamente e il crivello batte 200 ÷ 300 colpi al 1′: è necessaria tale marcia per non sconvolgere il letto filtrante e il materiale che vi giace sopra. Per le piccole granaglie le corse del pistone sono di 5 ÷ 10 mill. e il numero dei colpi, ad es. 150: infine pei grossi grani fino a 25 mill. dei crivelli a spillatura la corsa può essere di 7 ÷ 8 centimetri ed i colpi 80 ÷ 100 al 1′.

Al buon funzionamento di un crivello filtrante concorrono principalmente quattro fattori, e cioè, lo spessore del letto filtrante, la grossezza degli elementi che lo compongono, la frequenza e l'ampiezza delle escursioni del pistone.

I primi due dipendono evidentemente dalla densità dei materiali che si vogliono separare; gli ultimi due dalla *mise au point* meccanica del crivello. Questa è facilitata mediante una semplice disposizione degli eccentrici *c*, che comandano le aste verticali dei pistoni, intesa a renderli di corsa regolabile. Gli eccentrici da crivello, anzichè essere costituiti al solido modo, dal disco eccentrico e dal relativo collare esterno, comportano un terzo pezzo, ad anello eccentrico, che si interpone fra il primo ed il secondo. È evidente allora che a seconda della posizione di questo collare intermedio, la eccentricità sua si può sommare o sottrarre da quella del disco. L'organo riesce così ad eccentricità variabile, che si può quindi fissare in modo conveniente per ogni crivello mediante un bullone, che rende solidale in ogni posizione l'anello eccentrico al disco, pure eccentrico, calettato sull'albero. Questi eccentrici a corsa regolabile si dicono a nonio.

Sull'albero, infine, che porta gli eccentrici, è calettato un volante ed una coppia di puleggie, fissa e folle, di diametro conveniente pel comando a cinghia del crivello.

Il costo di un crivello a 3-4 compartimenti è di circa 1000 lire.

La forza richiesta da ogni crivello varia da 0.5 a 0.8 cav. per metro di lunghezza di pistone d'ordinaria larghezza.

La quantità di materiale che può passare un crivello, dipende della natura del minerale e della grossezza dei grani. I crivelli che trattano materiali grossolani, passano più di quelli che separano materiale fino. Al massimo si può ritenere che un crivello passi 8-10 m^3 di grossa granaglia al giorno. I crivelli del fino passano assai meno, danno però, in generale, maggiori produzioni, perchè il fino è normalmente assai più ricco del grosso, che deve appunto soventi alla povertà propria la maggior resistenza che ha offerto alla macinazione.

Infine, il consumo d'acqua, si può ritenere di 50 ÷ 70 litri al 1′ per crivello filtrante. I crivelli accumulanti ne richiedono assai più, come pure richiedono più mano d'opera di quelli filtranti, che sono automatici.

623. **Fini.** — Quando il materiale ha dimensioni inferiori al millimetro, la classificazione per volume colle tele metalliche non è più possibile: si ricorre allora alla classificazione per equivalenza. Evidentemente su materiale così classificato, il crivello darebbe lieve arricchimento perchè si ricadrebbe nell'isodromia.

Si ha quindi una serie numerosa di apparecchi, nei quali entra in gioco, come forza antagonista alla gravità, l'attrito degli elementi sopra superfici, oppure interviene la forza viva che si imprime orizzontalmente ai grani, od anche le impulsioni ottenute con dell'acqua in movimento in senso verticale o comunque inclinato, od infine combinando fra loro queste varie forze applicate agli elementi in modo da ottenere delle risultanti determinate, funzioni particolari del volume e della densità degli elementi che si considerano.

In tutti questi apparecchi la separazione è compiuta sopra superfici pressochè orizzontali, donde il nome generico di *tavole* dato a questi apparecchi.

624. **Tavole.** — Sulle tavole si arricchiscono le sabbie e gli schlamm. Per le prime si trae soventi partito dell'azione combinata dell'attrito, della forza viva e delle impulsioni d'acqua, per i secondi, generalmente, agisce solo l'attrito come forza antagonista del movimento prodotto dalla gravità.

Si hanno quindi delle tavole mobili, capaci di imprimere al materiale ed all'acqua che vi passa sopra una certa forza viva, e delle tavole fisse o che si muovono lentamente, sulle quali la sola forza antagonista alla gravità è l'attrito offerto dalla superficie della tavola allo scorrimento del materiale lungo essa.

Il materiale è somministrato alle tavole in sospensione nell'acqua (*lavée* o torbida) da appropriati distributori. L'acqua, scorrendo per effetto della gravità sulla tavola inclinata, trascina nel suo movimento il materiale.

Divideremo, per comodità di descrizione, le tavole fisse da quelle mobili, e queste ultime le distingueremo secondo che non ha od ha parte notevole nella separazione la forza viva impressa agli elementi. Quest'ultima serie di apparecchi, come è naturale, richiede che le particelle da separare, perchè siano suscettibili di acquistare una certa forza viva, possiedano una certa massa, e quindi

conviene piuttosto pel trattamento delle sabbie, mentre gli altri apparecchi fissi possono anche trattare gli *schlamm.*

In tutti gli apparecchi di cui ora ci occuperemo, è conveniente somministrare il materiale calibrato, e cioè alimentare ogni tavola con torbida che tenga in sospensione elementi equivalenti. Questa classificazione per isodromia si ottiene facilmente con gli apparecchi di cui ci siamo occupati al n. 609 e deve essere più meno rigorosa secondo la densità dei materiali che si debbono separare e la natura della tavola che si impiega pel trattamento.

625. TAVOLE FISSE. — L'arricchimento sopra le tavole fisse è lento ed i trattamenti si ripetono più volte prima di giungere ai prodotti mercantili: Essenzialmente si tratta di far scorrere la falda d'acqua che trasporta lo schlamm, sopra un piano leggermente inclinato: il materiale più denso si depone sul piano prima di quello meno denso. Questa operazione è sovente perfezionata con l'azione opportuna di getti d'acqua limpida.

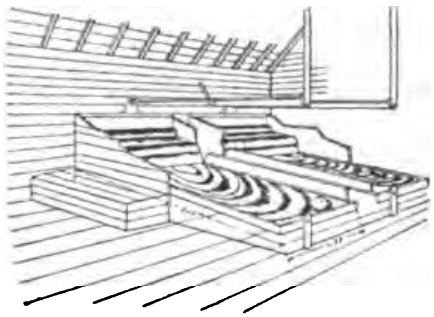


Fig. 200.

Il *cassone tedesco* (fig. 200) è costituito da una cassa in legno, larga circa un metro e lunga $3 \div 4$ metri, disposta inclinata a circa $10^0 \div 15^0$ sull'orizzonte. Lo schlamm coll'acqua, e cioè la *lavée*, arriva a monte e da un distributore è ripartita su tutta la larghezza del cassone. Essa scende per effetto della gravità, ma le particelle più pesanti si depositano sul fondo del cassone prima di quelle più leggere, costituendo a poco a poco un letto sul quale continuerà a scorrere la *lavée* che giunge all'apparecchio. È evidente che il materiale, che sfugge dal cassone, è il più povero ed il sedimento che trovasi a monte del cassone, sarà costituito da materiale più ricco. Quando il deposito ha raggiunto un certo spessore, la parte più ricca viene asportata, e nuovamente trattata in altro cassone in modo analogo; in questo secondo cassone si raccoglierà nella parte superiore del materiale nuovamente arricchito e così via. Si capisce come a causa di questi ripassi, occorrano in una installazione di questo genere numerosi cassoni in attività di servizio e molte operazioni: nelle installazioni tedesche si contavano $40 \div 50$ cassoni per sala. Evidentemente questi cassoni — che son detti anche *dormienti* — non richiedono forza motrice. Il consumo d'acqua è circa 50 litri al 1′.

626. Anzichè lasciare le tavole dormienti in funzione in modo continuo pel semplice arricchimento del materiale, si può, per diminuire il numero dei successivi trattamenti, renderli finitori col trattare il materiale in modo completo, e cioè per minerale mercantile, su ognuno, successivamente, per piccoli lotti di materiale. Quando il materiale si è deposto al solito modo sul cassone per lo spessore di alcuni millimetri, si sospende l'arrivo di altro materiale, ed invece si manda nel cassone dell'acqua limpida. Questa rimetterà in movimento le particelle più leggere, mentre quelle più pesanti rimarranno sul cassone. La separazione avverrà per equivalenza, perchè, tenendo le solite notazioni ed indicando con f il coefficiente d'attrito, il grano si metterà in movimento quando:

$$K_1 a^2 v^2 = f K a^3 (\delta - 1)$$

$$v^2 = f. \frac{K}{K_1} a (\delta - 1)$$

Si può coadiuvare l'azione epuratrice della falda d'acqua limpida, che scende lungo il cassone, smuovendo con una scopetta il materiale contro la corrente. Il materiale più ricco si troverà anche in questo caso nella parte alta del cassone; quello meno ricco nella parte più bassa.

Verso l'estremo del cassone e nel senso della sua larghezza, sono praticate opportunamente due fenditure che possono chiudersi con linguette di cuoio: quando il materiale che giace sul cassone è epurato, si solleva una di dette linguette e con un getto d'acqua si spazza la parte inferiore del cassone, convogliando il minerale nella fenditura così aperta, che comunica con una fossa di deposito sottostante. Si ripete poscia l'operazione aprendo l'altra fenditura per mandarvi il ricco che trovasi nella porta superiore del cassone.

La tavola dormiente richiede pochissima sorveglianza, mentre il cassone, quale fu ora descritto, richiede evidentemente la presenza di un operaio. Ma come già si disse, esso dà prodotto finito che non richiede cioè ulteriori trattamenti.

Il cassone finitore trovasi sovente a completare il trattamento dei fini nelle installazioni di crivelli a mano.

627. *Round buddle.* — Questo apparecchio funziona come un cassone tedesco, poichè la falda liquida scorre sopra una superficie inclinata, deponendo dapprima i materiali più densi e poi quelli meno densi. Presenta il round-buddle sul cassone dormiente il vantaggio di una specie di regolazione automatica nell'arricchimento, ottenuta in modo assai semplice.

Il round-buddle consiste in una superficie conica, concava o convessa, di 4-6 metri di diametro, ottenuta con muratura rivestita di cemento lisciato a sagoma.

La *lavée* arriva o al vertice o alla periferia della superficie conica, secondochè questa è convessa o concava, e si distribuisce in falda lungo essa: Nasce quindi un deposito di materiale di ricchezza decrescente dal vertice verso la base dell'apparecchio o viceversa. Il canale di fuga nei round buddle diritti, e cioè convessi, si trova alla periferia della base, mentre in quelli rovesci e cioè concavi, si apre al vertice del cono rovescio.

Quando il deposito di materiale sulla falda conica ha raggiunto 15 ÷ 20 centimetri di spessore, si arresta l'ulteriore arrivo

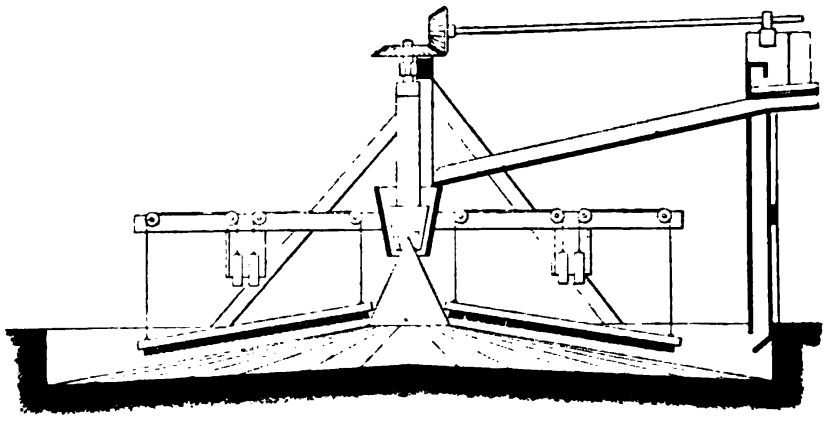


Fig. 201.

della torbida. Il deposito viene poscia tolto per anelli concentrici, che hanno quindi eguale ricchezza, e trattato nuovamente in altri apparecchi per ulteriore arricchimento.

Sull'asse del round-buddle trovasi un alberetto verticale che porta alcune razze orizzontali, infilate in un collare. Queste razze sostengono delle tele o spazzole, che lambiscono e regolarizzano la falda conica del deposito in via di formazione. Il collare è sostenuto da una funicella che s'avvolge sull'alberello ad ogni sua rotazione, sollevando così colle razze le tele man mano che lo spessore della falda conica aumenta.

I round-buddle non richiedono sorveglianza speciale: il consumo d'acqua che domandano è circa 50 litri al minuto. La classificazione avviene al solito modo per equivalenza.

I round-buddle convessi (fig. 201) erano generalmente preferiti

ai concavi, perchè più facile risulta la distribuzione del materiale sulla superficie conica.

Questi apparecchi arricchitori cedettero man mano il posto nelle laverie alle tavole coniche finitrici.

628. TAVOLE MOBILI. — È conveniente distinguere questa serie numerosa di tavole in diverse categorie, secondo la loro costruzione, dalla quale dipende, naturalmente, il modo di agire di ognuna.

Considereremo quindi:

a) le tavole animate da moto continuo, a velocità costante, le quali riproducono nella separazione degli elementi le azioni che abbiamo già visto entrano in gioco nelle tavole, ma con maggior potenzialità e soventi perfezione del trattamento;

b) le tavole a scosse più o meno intense e rapide. Di questa categoria conviene oggi fare una suddivisione e riunire fra loro i tipi a scosse piuttosto energiche e distanziate per il tempo di successione, più antichi dei tipi a scosse rapide e leggere, che agiscono in modo notevolmente diverso dei precedenti;

c) le tavole centrifughe, assai poco importanti nella pratica e delle quali daremo solo sommario cenno.

a) 629. *Nastro continuo o Vanner.* — Al luogo del cassone finitore, che occupa molto spazio e richiede della mano d'opera, si è pensato di stabilire un nastro continuo di caoutchouch lungo parecchi metri, teso fra due rulli principali, di cui uno motore, convenientemente inclinati. La larghezza del nastro è circa un metro ed esso è sostenuto da altri piccoli rulli intermediari, parimenti inclinati, o scorre sopra un piano inclinato. La torbida giunge al bordo superiore del nastro in prossimità del rullo motore, e mentre si stende su esso e tende a scorrere in basso, è spostata lateralmente pel movimento del nastro e passa successivamente sotto l'azione di getti d'acqua opportunamente disposti, i quali promuovono specialmente il movimento delle particelle più leggere, mentre quelle più pesanti stazionano sul nastro ed arrivano così in prossimità del secondo rullo, dove sono spazzate via da un ultimo forte getto d'acqua.

L'apparecchio dà poca produzione: inoltre la tela di gomma elastica si logora rapidamente. Questi apparecchi sono in disuso nella maggior parte delle miniere. Si ritrovano invece in grande numero nelle miniere aurifere per il trattamento dei materiali dati dalle batterie di pestelli e classificati previamente negli spitzlütten. Gli apparecchi prendono il nome di *Vanner*, e fra i più noti sono

le *Frue-Vanner*, che danno i *concentrati* ed i *tailing*, trattati separatamente colla cianurazione in molte contrade dell'Africa del Sud, dell'Australia e dell'America.

Il funzionamento delle Frue Vanner ed apparecchi similari, si modifica opportunamente col variare l'inclinazione del nastro; la sua velocità di traslazione e la forza dei getti d'acqua che riceve.

Oltre le Frue vi sono numerose altre Vanner, come le Embrey, le Triumph, ecc. destinate esclusivamente ai fini auriferi.

630. *Tavole coniche.* — Sopra un principio analogo e per rendere finitore il round-buddle era fondata l'antica *tavola girevole*, costituita da una superficie conica in ghisa, montata in guisa di poter rotare attorno all'asse verticale passante per il vertice del cono. In corrispondenza a detto vertice arrivava da un distributore la *lavée*, la quale si distendeva lungo un settore del cono: La tavola nel suo lento movimento passava successivamente sotto degli spruzzi d'acqua man mano più forti, i quali eliminavano le particelle di materiale meno denso, mentre il minerale, che rimaneva aderente alla superficie conica, veniva poi convogliato in un apposito raccoglitore a tramoggia da un ultimo zampillo d'acqua più potente.

Questo apparecchio era relativamente caro, produceva poco e separava male: esso fu modificato successivamente, e prese la sua forma definitiva nelle tavole Linkenbach, che danno risultati assai migliori.

631. *Tavola Linkenbach.* — Le moderne tavole Linkenbach sono costituite da una superficie conica fissa (fig. 202) ottenuta semplicemente a sagoma con cemento sopra una base in muratura. Un albero centrale porta il distributore della torbida e sostenuti da razze parecchi spruzzatori d'acqua. L'albero ruota su sè stesso. È evidente allora che mentre il distributore da apposita fenditura sparge sulla tavola la *lavée*, gli spruzzatori che la seguono nel movimento, lavano successivamente il fango, che per l'inclinazione della tavola scorre verso la periferia della tavola stessa. Questi spruzzatori costituiscono pel loro ufficio la parte più importante dell'apparecchio. Il minerale, per essere più denso, rimane così sulla tavola. Un ingegnoso sistema permette di raccogliere separatamente lo sterile, il misto e il ricco: Attorno alla tavola, che presenta un certo bordo sporgente, sono praticati in cemento tre canali concentrici, come si vedono nella figura. Le braccia che sostengono gli spruzzatori, reggono anche, in corrispondenza degli spruzzatori, due segmenti circolari. È evidente che detti segmenti, gli spruzza-

tori ed il distributore, per essere rigidamente connessi fa loro, si muovono assieme colla stessa velocità angolare.

Il materiale che per primo scende lungo la falda conica è sterile e cade direttamente dal bordo della tavola nel sottostante canale anulare; quello smosso poscia dai getti d'acqua contiene delle particelle di minerale, ed in corrispondenza quindi degli spruzzatori si muove il segmento che lo guida nel secondo canale. Infine il materiale lavato, che rimane sulla tavola, è spazzato via da

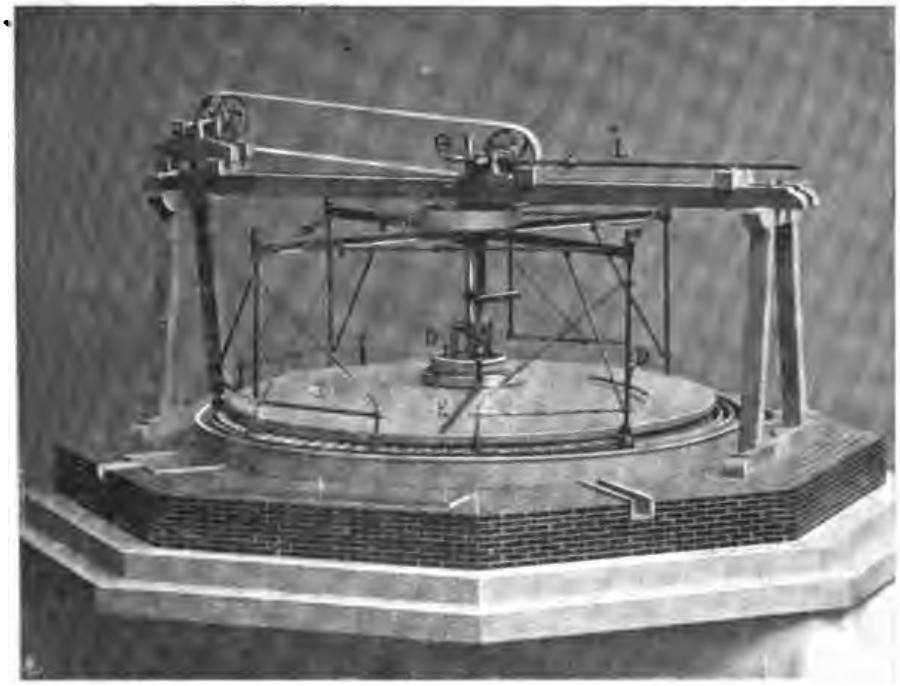


Fig. 202.

un forte getto d'acqua, in corrispondenza al quale, alla periferia della tavola, trovasi il relativo segmento mobile che lo convoglia nel terzo canale all'uopo stabilito per ricevere il ricco.

Queste tavole misurano 6-7-8 metri di diametro e compiono 3 giri al 1′: trattano circa 120 litri di torbide al 1′ che possono contenere il $9 \div 10\ \%$ di materiale in sospensione, consumando negli spruzzatori circa 150 litri d'acqua limpida.

La forza che richiedono è assai piccola, circa 0.1 cavallo, essendo ogni parte mobile equilibrata. Queste tavole, coperte da brevetto, costano circa 4000 lire ognuna e sono costruite esclusivamente di ferro e cemento.

Nella fig. 202 L è il condotto dell'acqua limpida, G l'albero verticale, D il distributore, D^1, E due spruzzatori, T le aste che reggono i segmenti circolari mobili.

Con torbide ricche, una tavola di 6 m. può produrre 500 ÷ 600 kg. di minerale al giorno.

b) 632. *Cassone a scosse.* — Un'azione analoga alla scopinatura che si compie nel cassone fisso, è ottenuta nel cassone continuo senza spesa di mano d'opera, imprimendogli una serie di scosse in senso longitudinale, ottenute con uno spostamento pendolare del cassone seguito da bruschi arresti. All'atto dell'urto è evidente, infatti, che la falda liquida rimonta per un certo tratto lungo il cassone, smuovendo il materiale, specialmente quello leggero che vi sta sopra, e rimettendolo in movimento nella falda liquida che discende, mentre il materiale più denso per la forza viva impressa, tende a risalire lungo il cassone.

Questi cassoni a scosse misurano m. 2.50 ÷ 3.00 di lunghezza e 0.80 circa di larghezza: sono sospesi con quattro catene o tiranti e presentano una pendenza di circa 4 % sull'orizzonte. Una palmola compie lo spostamento pendolare cui si è accennato, ed un arresto, munito soventi di molla di richiamo, provoca la scossa ed imprime alla cassa mobile circa 100 escursioni al 1'. Essa passa da 1.5 ÷ 2 quintali di sabbia all'ora.

Il cassone a scosse può funzionare sia come apparecchio concentratore, sia come finitore. Nel primo caso si lascia abbandonato a sè per qualche ora e si raccoglie poscia e si ripassa il materiale: nel secondo caso, più frequente, si lava a brevi intervalli con dell'acqua limpida il cassone e si convoglia il materiale, a seconda della sua ricchezza, in appositi canali, disponendo al termine di esso un opportuno ponte.

633. Il *nastro continuo* di cui al n. 629 può essere montato su un telaio a scosse laterali. L'arresto è collocato in modo che per le scosse che riceve il nastro, il materiale che vi sta sopra tende a scorrere in direzione opposta al movimento del nastro stesso. Le particelle più leggere riescono così rimesse in movimento e distruggendosi i fenomeni d'adesione, la falda di acqua che scorre secondo la pendenza del nastro, può in miglior modo esercitare la sua azione arricchitrice.

La tavola *Stein-Billharz* è di questo tipo.

634. *Tavola Rittinger.* — La tavola Rittinger trae partito degli urti laterali, per imprimere agli elementi da separare una certa forza viva, che sarà maggiore per quelli di maggior massa: questi al-

l'arresto della tavola si distanzieranno lateralmente da quelli meno densi. Siccome interviene nella separazione la massa degli elementi, la tavola Rittinger serve piuttosto al trattamento delle sabbie e non degli schlamms.

Le tavole Rittinger hanno il piano di marmo, di ghisa o di linoleum di 2.40 × 2.40: sono disposte inclinate in un senso e possono spostarsi in senso normale all'inclinazione per l'azione di una piccola palmola e d'un arresto a molla: i colpi laterali sono bruschi e ripetuti in numero di circa 200 al 1'. La *lavée* arriva dall'angolo superiore della tavola che è opposto al respintore a molla: essa per l'inclinazione della tavola tende a discendere con velocità uniforme su tutta la larghezza ed i diversi elementi quindi si disporrebbero per equivalenza secondo le orizzontali del piano. Ma per effetto delle scosse, essi acquistano velocità normali all'inclinazione della tavola e cioè si muovono secondo le orizzontali con moto uniformemente ritardato, che sarà funzione della forza viva acquisita dal grano, e cioè della sua massa.

L'equazione di questo movimento sarà: massa × accelerazione = resistenza (d'attrito + dell'acqua)

$$\frac{K a^3 \delta}{g} J = f.\ K a^2 (\delta - 1) - K_1 a^2 w^2$$

ed essendo w, velocità dell'acqua, assai piccola:

$$J = f g \frac{\delta - 1}{\delta}$$

e cioè l'accelerazione dei grani è funzione della loro densità. Combinandosi il movimento uniforme di discesa dei grani lungo la tavola con quello uniformemente ritardato orizzontale, ne nasce una parabola ed il materiale si dispone appunto sulla tavola diviso per densità secondo parabole, le più accentuate delle quali corrispondono al materiale più ricco.

Esempio di tavole di 2.40 × 2.40 alimentate con

	Sabbia	Sabbia fina	Schlamm
Numero urti laterali al 1' . . .	120	150	240
Ampiezza oscillazione in mill. . .	40	25	15
Litri di torbida al 1'	12	10	6
Proporzione materiale solido . .	20 %	15 %	12 %
Consumo d'acqua al 1"	40	30	24
Forza motrice in cavalli	0.5	0.5	0.5
Produzione kg.	140	90	50

c) 635. *Tavole a scosse rapide o vibranti.* — Da qualche tempo apparvero nelle laverie numerose tavole, particolarmente destinate al trattamento delle sabbie, che compiono un grande numero di traslazioni di piccola ampiezza. Il funzionamento di queste tavole è molto meno semplice di quello delle tavole a scosse precedentemente descritte, perchè la forza viva che le scosse imprimono ai vari grani, è soventi trascurabile, mentre invece si annullano a rapidi intervalli le azioni di attrito e di adesività che sui vari elementi esercitano in generale le tavole.

Il funzionamento di queste tavole nasce quindi da tutte le azioni accennate precedentemente, parlando dei diversi tipi di tavole, la cui importanza relativa però riesce alterata per un nuovo movimento impresso agli elementi da separare che ha analogia con quello che anima i grani su un plansichter e che determina azioni della specie di quelle che agiscono sui fini dei crivelli.

Le tavole cui ora accenniamo, ricevono generalmente una serie di rapidi movimenti di traslazione, normali di direzione all'inclinazione della tavola e generati soventi per l'azione combinata di eccentrici, o manovelle, e da molle d'arresto: la superficie delle tavole è ricca da solcature, dette *riffles*, che corrono nel senso dei movimenti della tavola: soventi invece i canaletti delle *riffles* sono ottenuti colla giustapposizione sul piano della tavola di sottili stecche di legno.

Le tavole *Wilfley*, *Ferraris*, *Hallett*, *Bartlett*, *Cammett*, *Cord*, ecc. appartengono a questa categoria d'apparecchi ormai molto numerosa.

636. La tavola *Wilfley* (fig. 203) assai diffusa nell'America ed in Europa, presenta un piano che misura circa m. $1{,}50 \times 3$ e che può essere alquanto inclinato nel senso della sua minore lunghezza, costituito da tavolette di legno aggiustate a compensazione, in modo da evitare ogni incurvamento della superficie; sopra esso si stende una tovaglia di *linoleum*, che viene fermata all'ingiro della tavola, e sopra si fissano con punte delle asticciole sottili di legno a formare le *riffles*: queste, come si vede dalla figura, non occupano tutta la superficie della tavola che ha forma trapezia.

Lungo il lato più lungo della tavola corre il canaletto che serve a distribuire in filetti la torbida sulla tavola e lungo la stessa linea la tavola riceve una sottile falda d'acqua limpida.

La tavola è montata in modo da ricevere per mezzo di un sistema di rotismi, circa 240 spostamenti longitudinali di $15 \div 20$ mill. d'ampiezza all' 1'.

Delle molle opportunamente tese, hanno l'ufficio di cuscini d'arresto per impedire gli urti dell'apparecchio che finirebbero per deteriorare la tavola.

La torbida discende per la gravità secondo l'inclinazione della tavola, ma per le scosse essa avanza anche in senso normale e cioè secondo la direzione della stessa.

Le *riffles* costituiscono quasi tante barriere che la torbida deve successivamente valicare prima di rendersi al bordo inferiore della tavola, ossia allo scarico. Il materiale più denso rimane nei canaletti delle *riffles* ed è guidato dal movimento di traslazione della tavola al bordo laterale, mentre quello più leggero è trascinato in-

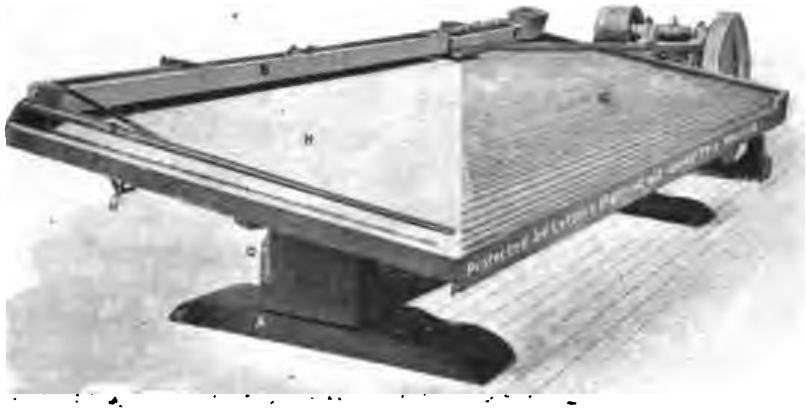


Fig. 203.

feriormente dalla falda d'acqua che scorre secondo la pendenza della tavola: nei canaletti delle *riffles* quindi si verifica una separazione per densità dei materiali, che presenta delle analogie con quelle ottenute nei crivelli e negli spitzkasten.

Dal lato della tavola opposto a quello dove si trova il meccanismo del movimento, si raccolgono quindi i prodotti divisi secondo la densità, e precisamente quelli più densi si raccoglieranno più a monte di quelli meno densi.

L'apparecchio porta lateralmente una ruota elevatrice per i ripassi.

Queste tavole consumano circa 50 litri d'acqua limpida al 1' e possono trattare da 1 a 3 tonn. di materiale all'ora. Il costo è di circa 3 mila lire.

Le tavole *Ferraris,* dette *raganelle*, sono dello stesso tipo, ma di dimensioni minori delle precedenti. Il movimento è ottenuto più semplicemente ed in modo cinematicamente più razionale, con una sospensione elastica, analoga a quella dei plansichter, e con un eccentrico. Queste tavole, che costano assai meno delle precedenti, sono specialmente diffuse nelle miniere sarde, dove danno ottimi risultati.

Le tavole vibranti trattano materiale più fine delle tavole a getti d'acqua, come, per es., le Linkenbach, con grande precisione di lavoro. Richiedono però per funzionare bene del materiale ben classificato e la classificazione del materiale che si distribuisce alle tavole è ottenuta con degli spitzkasten o anche semplicemente per levigazione lungo le stesse condotte forzate che portano le torbide.

Sopra queste tavole si trattano vantaggiosamente materiali complessi con piccoli scarti di densità: la separazione riesce più perfezionata che nei crivelli e quando i diversi minerali da separare presentano colorazioni differenti, le divisioni dei vari prodotti risultano nettamente visibili e ben limitate, per cui è facile convogliare i minerali separati nelle relative tramoggie e sorvegliare il trattamento. Naturalmente i prodotti misti devono essere ripassati su altre tavole opportunamente regolate.

637. Infine accenneremo alle tavole a forza centrifuga, a forma di bacini circolari piatti, animati di un movimento di rotazione attorno ad un asse verticale. — Il materiale acquista velocità che sono funzioni della densità degli elementi. La grande sensibilità di questi apparecchi ne rende punto pratico l'uso. La *batée*, specie di ciotola più o meno piana che con particolare destrezza è manovrata a mano per il saggio delle sabbie aurifere, è un apparecchio oltremodo semplice di questo tipo.

638. Degli apparecchi sussidiari delle laverie come, pompe per la circolazione delle acque, elevatori, trasportatori, ecc., daremo solo un rapido accenno.

Le acque delle laverie, quando sono torbide, si immettono nei bacini di decantazione prima di convogliarle nei corsi d'acqua. Siccome soventi l'acqua difetta, si costruiscono dei bacini a monte ed a valle delle laverie che si mettono in relazione con una pompa: l'acqua allora circola in modo continuo. Se i materiali non sono argillosi, questa circolazione non presenta inconvenienti. Si adoprano allora generalmente delle pompe centrifughe a bassa pressione (pompe turbine) della portata di $100 \div 200$ m³ all'ora ed anche più, secondo la potenzialità della laveria. All'incirca si può calco-

lare, tenendo conto di tutti gli apparecchi, nelle laverie metallifere un consumo d'acqua di 10 m^3 per ora e per crivello, adottando il numero di crivelli come misura della potenzialità della laveria. Il consumo d'acqua però varia naturalmente in grande misura da laveria a laveria, secondo la natura più o meno argillosa del materiale e secondoche i crivelli sono accumulanti o filtranti, poichè in questi ultimi il consumo d'acqua è assai minore che nei crivelli accumulanti; dipende infine il consumo di acqua dalla grande o piccola proporzione delle tavole rispetto agli altri apparecchi, ecc.

Il bacino di circolazione dell'acqua nel quale pesca l'aspirante della pompa, deve essere costrutto in modo da permettere facilmente la pulitura dai fanghi che in esso si depositano.

Le laverie sono generalmente disposte coi vari apparecchi in caduta. Il dislivello necessario fra l'entrata e l'uscita del materiale è almeno di 12 metri per avere due piani successivi di trattamento, oltre quello superiore di macinazione. Molte volte non si può disporre di tale dislivello; è allora necessario risollevare alcuni prodotti per trattarli nuovamente: la laveria comporta in tal caso degli *elevatori*.

Soventi il materiale è sollevato in modo continuo da norie. Questo sistema, se le altezze di sollevamento non sono molto forti, è assai pratico. Le norie con catena a maglie d'acciaio che sopportano le tazze e che si muovono veloci verticalmente, sono tipi d'elevatori raccomandabili nelle laverie.

Quando si tratta di sollevare dense torbide, servono le norie a dischi, che si muovono lungo un tubo di ferro verticale.

Le traslazioni del materiale in senso orizzontale sono soventi ottenute cogli stessi apparecchi di laveria o coi canali distributori del materiale agli apparecchi.

Tuttavia s'adoprano talvolta pei materiali sabbiosi e asciutti delle eliche che si muovono entro opportuni canali, oppure per granaglie dei tamburi cilindrici inclinati di lamiera, analoghi ai trommel, o dei plansichter a lamiere piene.

Se il materiale è in pezzi relativamente grossi, sono preferibili i nastri trasportatori del tipo dei *conveyors*.

639. Lo studio di una laveria per minerali entra nel dominio della meccanica e precisamente degli impianti industriali. Il progetto di questi opifici presenta analogia col progetto dei mulini per ciò che si riferisce alle numerose trasmissioni che generalmente si richiedono per dar moto agli apparecchi.

Per il logico sviluppo di un progetto di tale natura è neces-

sario dapprima ben conoscere il minerale che si deve trattare e cioè come esso è commisto alle ganghe, la densità che possiede, come pure la densità delle ganghe che lo accompagnano: come esce dalla miniera, e cioè se in pezzi grossi o sotto forma di detrito, il tenore in metallo del materiale che si manderà alla laveria, la sua durezza ecc. Si stabilisce allora il ***diagramma*** del trattamento, e cioè la successione delle operazioni che il materiale dovrà subire. Il diagramma dipenderà principalmente dalla natura fisica del materiale che si tratta, dalla quantità di acqua di cui si dispone e dalla perfezione del trattamento che si vuole conseguire.

Precisato il diagramma del trattamento, si procede alla scelta degli apparecchi. In questo studio si dovrà conoscere la quantità di materiale che si deve trattare e come ed in che quantità questo materiale, dopo le singole trasformazioni che subisce, sarà diviso fra i diversi apparecchi della laveria.

Concretata quindi la successione dei trattamenti e scelti gli apparecchi che dovranno costituire la laveria, si fa il progetto meccanico, considerando cioè le varie disposizioni più convenienti dal punto di vista meccanico e dell'automaticità dei diversi apparecchi. Questo studio riguarderà anche la produzione e la ripartizione della forza motrice, la circolazione delle acque e dei prodotti, ecc.

Senza maggiormente estenderci nelle generalità, a complemento di quanto fu detto, diamo come buon esempio di laveria quella esistente nella miniera di Rosas in Sardegna.

Tale laveria tratta misti di galena, blenda, calamina, carbonato di piombo in matrice di calcare, schisto anfibolico e dioritico con alquanto quarzo. Il materiale è nel suo insieme di media durezza a mineralizzazione assai diffusa.

Il *tout venant* della miniera è scaricato al piano superiore della laveria sopra una griglia orizzontale con aperture di 60 mill: il $>$ 60 mill. va al concasseur: il $<$ 60 mill. direttamente ad un mulino a palle, che riceve anche il materiale del concasseur. La proporzione di grosso del *tout venant* permette che un solo concasseur serva due sezioni contigue della laveria ed alimenti quindi due mulini.

Il prodotto è così macinato a $<$ 2 millimetri.

Esso passa in un trommel a due tele, di 1 e di 2 millimetri.

Il $<$ 1 mill. è convogliato in condotta forzata: la prima presa alimenta un crivello, mentre altre due prese successive, danno le torbide a due raganelle.

La torbida residua della condotta forzata si classifica in uno spitzkasten ed alimenta a sua volta altre due raganelle.

Il materiale >1 e <2 mill. è convogliato in un crivello continuo a 4 compartimenti e così pure è trattato in un crivello il >2 millimetri.

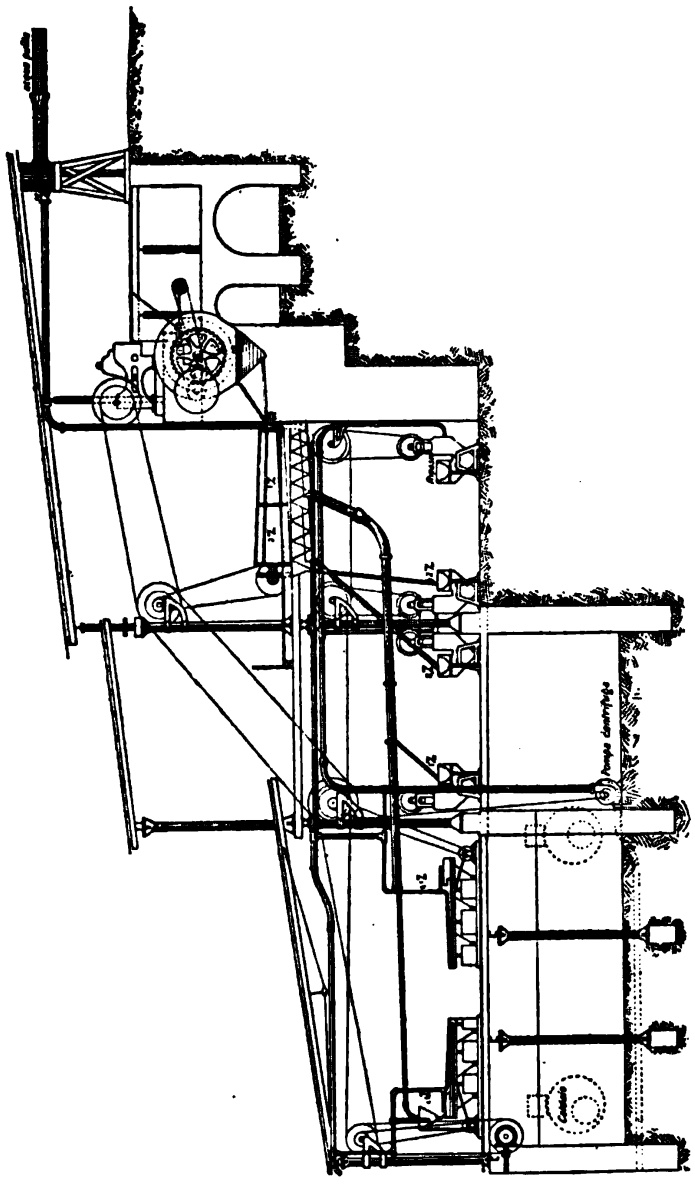
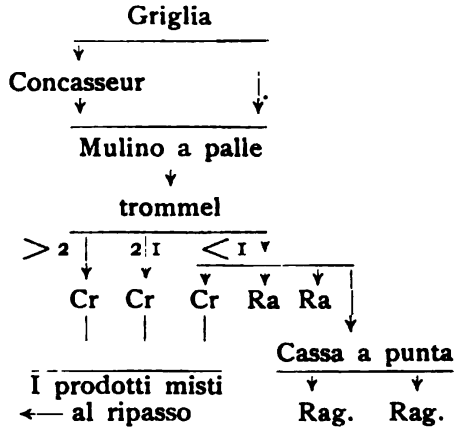


Fig. 204. — Elevazione della laveria di Rosas.

Il ripasso dei prodotti misti dei crivelli è compiuto in altri crivelli, detti di ripasso: così pure ci sono alcune raganelle di ripasso per i misti fini.

Il diagramma del trattamento è quindi il seguente:



Ogni sezione, come la rappresentata, passa circa 15 m³ di materiale in 10 ore.

La laveria è costituita da una serie di sezioni tutte eguali fra loro, analoghe alla descritta, e poste l'una a lato dell'altra: in questo modo l'opificio riesce ampliabile a volontà, bastando per ciò aumentare il numero delle sezioni.

L'edificio è costrutto con colonnette di ghisa che sostengono gli impalcati e le tettoie. Le manovre riescono così facili, mentre comoda ed efficace risulta la sorveglianza.

La disposizione dei locali è tale da avere un'ottima illuminazione e da realizzare la discesa automatica dei materiali che è necessaria alla successione dei trattamenti.

Nell'impianto tutte le trasmissioni risultano lontane dagli operai, facilmente ispezionabili e stabilite in condizioni meccanicamente convenienti.

La forza motrice è a vapore ed ottenuta abbruciando nelle caldaie le fascine che a buon mercato sono raccolte nella regione.

Oggi nelle laverie è fatta molta parte all'elettricità: Effettivamente la costanza di velocità, che è propria dei *motori* trifasici, è particolarmente favorevole al buon fuuzionamento degli apparecchi delle laverie.

PARTE SESTA

APPENDICE

CAPITOLO XIX.

Cenno di legislazione mineraria

640. La legislazione mineraria protegge il capitale ed il lavoro. Le leggi che riguardano il capitale, ossia la *miniera*, sono diverse per principio informativo da paese a paese: esse essenzialmente regolano la proprietà mineraria talvolta con semplici assiomi di diritto privato, altre volte invece con fondamento di diritto pubblico, considerando le miniere come fonti di ricchezze, cui è conveniente, nell'interesse collettivo, assicurare lo sviluppo.

La legislazione del *lavoro minerario* è cosa ben diversa: essa tende alla protezione del minatore sia come strumento primo della produzione, sia come operaio che lavora in condizioni speciali, diverse dalle condizioni di lavoro delle altre industrie, per cui non sono ad esso applicabili le comuni norme protettive e se ne richiedono delle particolari. Questa legislazione, che ha incominciato a fiorire nei paesi minerari più progrediti, rientra quindi oggi nel vasto campo della prevenzione che si esplica sotto molteplici aspetti.

641. I principi di diritto cui si informano le legislazioni minerarie dei diversi paesi sono tre: il primo, detto di *accessione*, considera le miniere come proprietà dipendenti dalla superficie del suolo, in omaggio vuolsi alla dottrina romana: « *Cujus est solum ejus est, usque cœlum usque profundum* ».

Gli altri due principi ammettono invece la netta separazione fra la proprietà superficiale e la proprietà dei giacimenti minerari che il suolo può racchiudere. Si ha quindi l'indipendenza fra la proprietà del suolo e la proprietà della miniera: entrambe dette proprietà coesistono distinte o possono coesistere.

Questa distinzione, intesa in passato in modo fiscale, toglieva la proprietà dei giacimenti minerari ai proprietari del suolo per darla al sovrano: era il *diritto feudale*. Intesa con modernità di vedute, si concede invece la miniera a chi dedicò la propria attività

negli ex Stati Sardi, in Spagna, Germania, Austria, Serbia, Bosnia, Erzegovina. — In altri paesi vi sono disposizioni miste che meritano di essere citate: Nella Svezia ed in Finlandia v'è ed es. la distinzione della proprietà superficiale da quella mineraria, ma il proprietario del suolo ha diritto di partecipare alla coltivazione della miniera. Nell'Italia meridionale e Sicilia, invece, il proprietario ha diritto di sfruttare i giacimenti che esistono nella sua proprietà, ma se rifiuta di coltivarli, lo Stato allora interviene per darli ad altri, con l'obbligo di pagare un compenso al proprietario del suolo.

Anche per le *ricerche minerarie* esistono disposizioni speciali, e possono essere libere a chiunque; come, ad es. lo sono in Prussia, oppure sono libere a chiunque sia munito di un permesso governativo, come negli Stati Sardi ed in Romagna, oppure può la ricerca essere autorizzata dal proprietario del suolo ed in suo difetto dal Governo, come in Francia, nel Belgio, nel Portogallo, nell'Emilia, negli Stati balcanici ed in Turchia, oppure, infine, non può esser fatta da alcuno senza il consenso del proprietario del suolo, come in Spagna ed in Norvegia, o senza permesso del Governo, come in Svezia, Finlandia, Sassonia, Austria-Ungheria e Veneto.

Nei paesi ove vige il principio dell'accessione, come in Russia, Inghilterra, Toscana, due Sicilie, naturalmente le ricerche non hanno importanza agli effetti legali.

Si allacciano al principio feudale, le imposizioni speciali che in molti paesi colpiscono le miniere a beneficio dello Stato. Così in Francia le miniere di carbone pagano il 6 % del prodotto netto venduto. Nel Belgio c'è un'imposta di L. 0,25 per ettare, abbinata a una tassa variabile dal 1 al 3 % del reddito netto: per le miniere di ferro, che in via d'eccezione appartengono nel Belgio al proprietario del suolo, la coltivazione paga un *tocage*, analoga alla *royalty* delle miniere inglesi.

In Italia, negli Stati ex Sardi, ex pontifici la miniera paga una tassa fissa di 0,50 per ettare: negli ex ducati di Parma e Piacenza una tassa proporzionale al reddito del 5 %, che si compenetra però colla R. M.; nel Veneto L. 9.88 per ogni 5,5 ettari e infine in Sicilia si paga una tassa unica, una volta tanto, per diritto di apertura delle *solfare (aperietur)* in ragione di L. 127.50 *(onze siciliane 10)*.

Le leggi minerarie dei diversi paesi contemplano le *miniere*; raramente le *cave*. La differenza fra miniera e cava, e cioè fra mi-

nerale propriamente detto e il materiale che non è minerale, è artificiale e determinata dalle leggi, per cui accade talvolta che una stessa sostanza sia in una contrada considerata come minerale, e quindi capace di dar luogo a miniera, ed in altra sia invece classificata come materiale di cava. Siccome da noi alle svariate leggi minerarie delle varie provincie, fa riscontro un'unica legge che riguarda le cave, la distinzione è importante.

Da noi costituisce *cava* ogni coltivazione che non riguardi *minerale* inteso nel senso della legge: per le cave vige il solo principio dell'accessione: esse quindi non possono coltivarsi che dal proprietario del suolo, o da chi per esso, e nei semplici riguardi della legge di polizia sulle miniere, cave e torbiere del 30 marzo 1893 n.° 184 il proprietario, o chi per esso, è tenuto a farne denuncia all'autorità del comune.

Sulla distinzione fra cava e miniera giova fare qualche considerazione per meglio precisare il carattere artificiale della stessa distinzione.

Il granito in Piemonte, Lombardia, ecc. non essendo nominato fra i minerali della legge mineraria del 30 Novembre 1859, è materiale di cava; nelle provincie di Parma e Piacenza dà luogo invece a miniere: così pure, ad es., mentre le acque minerali di Salsomaggiore sono *minerali* e danno luogo a miniere, quelle analoghe di Salice, in provincia di Pavia, dove vige la legge Sarda, non sono considerate come minerali.

Considerazioni della stessa natura si potrebbero fare per il quarzo aurifero dei filoni, che costituisce in Piemonte, secondo la legge del 1859, del minerale, mentre le sabbie dei fiumi della stessa regione, soventi più aurifere dei filoni, non si possono dire minerali e non originano colla loro coltivazione delle miniere.

Lo zolfo disseminato nei calcari di Sicilia o della Romagna, i calcari asfaltici della Majella o di Raddusa costituiscono dei minerali di solfo o di bitume. Le antraciti e ligniti sono pure considerate minerali, non così le torbe.

642. Fra le leggi minerarie italiane quella del 30 Novembre 1859 è improntata ai più sani principi economici e del giure; essa vige nella Lombardia, nel Piemonte, in Liguria, nelle Marche ed in Sardegna. Questa legge distingue le coltivazioni di minerali di maggiore importanza (metalliferi e combustibili) dalla coltivazione delle roccie e dei minerali che non contengono metalli, nè sono combustibili industriali.

Queste ultime coltivazioni, dette della seconda categoria, danno

luogo alle *cave*, che possono essere aperte di diritto — senza alcun permesso governativo — dal proprietario del suolo o da terzi col suo consentimento (vedi n. 641).

Naturalmente per gli scavi o lavori delle cave e miniere bisogna sempre osservare le prescritte distanze dai fabbricati, strade, acque pubbliche, ecc.

Le *ricerche minerarie* sono libere a tutti ed autorizzate nel territorio della provincia sopra domanda, dal Prefetto: esse però non possono estendersi nei limiti di una concessione già esistente senza il consenso del concessionario, ed in mancanza di tale consenso, senza l'autorizzazione del Ministro d'agricoltura.

Il *permesso di ricerca* ha limitazioni speciali di estensione superficiale e di durata: esso lo si ritrova anche nelle altre legislazioni italiane e può essere rinnovato, purchè mantenuto in lavoro, fino a che dà risultati tali da permettere d'accertare l'esistenza di una miniera col dimostrare la possibilità della sua economica coltivazione. Si procede allora dal Ministero d'agricoltura, su parere del Consiglio delle miniere, all'emissione di un decreto che dichiara la *miniera* esistente e concessibile.

La seconda fase, che contempla la coltivazione della miniera scoperta, riguarda la *concessione* della miniera; questa, per la legge del 1859 è *perpetua*.

La miniera dichiarata scoperta non può essere coltivata se non in virtù di una *concessione,* fatta con decreto Reale, su proposta del Ministro d'agricoltura, previo parere del Consiglio delle Miniere e del Consiglio di Stato.

La concessione può essere fatta a qualunque individuo, sia o no cittadino dello Stato, od a qualunque società che sia legalmente costituita, purchè faccia prova delle condizioni necessarie per intraprendere e condurre bene i lavori e dei mezzi finanziari di cui dispone per soddisfare agli obblighi (fra cui v'ha il premio allo scopritore) ed oneri che saranno imposti coll'atto di concessione.

Dato però il concorso di queste condizioni, lo scopritore legalmente riconosciuto, od i suoi aventi causa, hanno diritto di essere preferiti agli altri concorrenti nella concessione della miniera, purchè ne facciano domanda entro il termine di mesi sei dalla data di dichiarazione di scoperta.

643. La concessione produce, il principale effetto giuridico di costituire una *proprietà immobiliare* distinta da quella della superficie, e capace quindi di essere assoggettata ai diritti di privilegio e di ipoteca.

La concessione di una miniera può cessare di avere effetto per semplice rinunzia fatta dal concessionario al Prefetto ed accettata con Decreto Reale, oppure con Decreto del Ministero d'agricoltura — salvo ricorso al Consiglio di Stato — quando i lavori si trovano abbandonati da oltre due anni.

Se la miniera è *rinunciata* dal concessionario, essa cade in possesso del demanio, il quale, e se è libera d'ipoteche, ne può disporre, altrimenti deve aggiudicarla per asta pubblica, e se l'asta va deserta, la miniera ritorna libera delle passività, al demanio: però un deliberato del Consiglio di Stato riconosce che dopo due anni di tale possesso, la miniera resta libera degli oneri della concessione.

Se la miniera è invece *revocata* per abbandono dei lavori, la miniera, sopra domanda dell'interessato, deve essere giudizialmente venduta ai pubblici incanti.

La legge mineraria sopra citata al titolo *V* contempla l'esercizio degli opifici di trattazione e di elaborazione delle sostanze minerali, che non può essere fatto senza autorizzazione prefettizia.

644. Il fare un riassunto delle varie altre leggi minerarie italiane sarebbe qui fuori di luogo e si rimanda il lettore ai lavori speciali pubblicati sull'argomento.

Accenneremo soltanto che prima della legge del 1859, vigeva nelle provincie Lombardo-Venete la legge Napoleonica del 9 agosto 1809, alla quale la legge sarda si è largamente inspirata: Detta legge vige ancora nelle provincie di Modena e di Reggio Emilia.

Nel Veneto impera la legge austriaca del 23 maggio 1854, in virtù della quale i minerali per *diritto maestatico* sono a disposizione del Sovrano, che può accordare permessi di *indagine*, ossia di ricerca, e *investiture*, ossia concessioni, col pagamento di tassa fissa.

Nelle provincie di Parma e Piacenza e nel limitrofo circondario di Pontremoli, è vigente il Decreto Parmense del 29 Giugno 1852, mentre nella Toscana le miniere sono governate dal Motuproprio Granducale del 13 Maggio 1788, che abolì ogni diritto feudale e lo sostituì coll'accessione, meno che a Piombino, all'isola d'Elba, e nel Lucchese (dove esiste la legge lucchese del 3 Maggio 1847, analoga in principio a quella sarda). Oggi per l'isola dell'Elba vige il principio della demaniabilità.

Nel Carrarese è applicato il « sistema estense » feudale per eccellenza, temperato però con disposizione del 24 Luglio 1860, che si calca sulla legge sarda del 1859.

Negli ex-Stati pontifici vigeva lo stesso principio feudale, che datava dal 1500, trasformato poi in principio demaniale sulle norme della predetta legge del 1859.

A Roma e Perugia il diritto minerario è regolato dal decreto 17 Giugno 1878.

Infine pel Regno delle due Sicilie si applica la legge del 17 Ottobre 1826, che permette lo scavo libero ai proprietari del suolo, ed a chiunque nei beni dello Stato o del Demanio, salvo la limitazione per la sola isola di Sicilia che era stata fissata colla sovrana ordinanza dell'8 Ottobre 1808 per le solfare.

645. Vigono poi per tutte le miniere italiane la legge di polizia cave, miniere e torbiere del 30 Marzo 1893 colle modifiche di cui al R. Decreto del 14 Gennaio 1894 e del 10 Gennaio 1907; quella sui consorzi obbligatori e sulle espropriazioni per pubblica utilità pel passaggio dei prodotti delle cave e delle miniere del 2 Luglio 1896 e 15 Luglio 1906 pel Consorzio solfifero, ed infine il Regolamento per la prevenzione degli infortuni del 18 Giugno 1899 per le miniere, ecc.

Oltre queste numerose leggi e multipli Regolamenti hanno disposizioni speciali, che interessano le cave e le miniere, molte altre leggi, come quelle sul lavoro delle donne e dei fanciulli del 19 Giugno 1902 colle successive modifiche, la legge sugli esplodenti del 2 Marzo 1902, ecc.

ERRATA

Pag.	3	riga	15	di *profondità infratellurica*	leggi:	di *profondità*, o *infratellurica*
»	31	»	28	cos γ cos δ	»	cot γ cot δ
»	182	»	5	2 ÷ 2.50 Kg.	»	4 ÷ 4.50 Kg.
»	249	»	1	a grasso	»	a croce
»	256	»	32	modeste	»	moderne
»	456	»	21	45	»	25
»	456	»	32	s 5,5 = 71 cm^2.	»	s^2 5,5 = 71 cm^2
»	540			capovolgere la fig. 180.		

AGGIUNTE

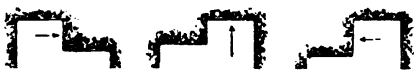
Pag. 71, riga 26 — ***gash veins:*** riempimenti metalliferi di giunti, o di brevi vani di dissoluzione, degli strati.

Pag. 168, riga 18 — naturalmente questo calcolo grossolano serve solo per prospettare la questione.

Pag. 206, riga 5 — per maggior chiarezza, ecco lo svolgimento: $[t\ 6\ (6.26 + 0.0037\ t) + 5\ (5.61 + 0.0033\ t) + (3 + 0.5)\ (4.8 + 0.0006\ t)] = = 659 \times 1000$.

Pag. 249, riga 22 — la perforatrice ***elettro-pneumatica*** Temple-Ingersoll, affatto recente, è una perforatrice ad aria, che mediante due corti tubi flessibili, riceve alternativamente, sulle due faccie del pistone, delle impulsioni, dovute a fiotti d'aria compressa a circa 2.5 atm. prodotti nei due cilindri di un piccolo compressore a piastre radianti, detto ***pulsatore***, comandato elettricamente. Il movimento del pistone della perforatrice risulta così sincronico a quello del bilanciere che collega i due stantuffi verticali del pulsatore.

Pag. 299, riga 28 — per ragioni di sicurezza talvolta si compie lo scavo dei fornelli in due sezioni, che si spostano alternativamente di un certo tratto ognuna, come è chiaramente rappresentato nella figura qui sotto.



Pag. 513, riga 22 — Il sistema grafico indicato, che suppone l'ellissi luogo di massima deformazione della fune, vale solo per riconoscere rapidamente a che distanza dal profilo del terreno può, nella peggior ipotesi, accostarsi la fune. — È però facile determinare analiticamente la freccia f_1 della parabola, in un punto qualunque della corda distante orizzontalmente l_1, l_2 dagli estremi della fune. Posto $l_1 + l_2 = d$, p peso in kg. per metro corrente della fune, Q peso del carico considerato nel punto di freccia f_1, ed R tensione in kg. della fune (v. n. 466) risulta:

$$f_1 = \frac{l_1 \times l_2}{d} \left(\frac{\frac{d}{2} p + Q}{R} \right)$$

ERRATA

Pag.	3	riga	15	di *profondità infratellurica*	leggi:	di *profondità*, o *infratellurica*
»	31	»	28	cos γ cos δ	»	cot γ cot δ
»	182	»	5	2 ÷ 2.50 Kg.	»	4 ÷ 4.50 Kg.
»	249	»	1	a grasso	»	a croce
»	256	»	32	modeste	»	moderne
»	456	»	21	45	»	25
»	456	»	32	s 5,5 = 71 cm^2.	»	s^2 5,5 = 71 cm^2
»	540			capovolgere la fig. 180.		

AGGIUNTE

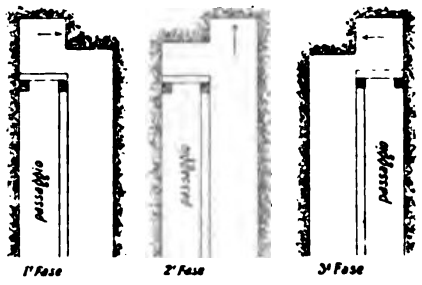
Pag. 71, riga 26 — *gash veins:* riempimenti metalliferi di giunti, o di brevi vani di dissoluzione, degli strati.

Pag. 168, riga 18 — naturalmente questo calcolo grossolano serve solo per prospettare la questione.

Pag. 206, riga 5 — per maggior chiarezza, ecco lo svolgimento: $[t\ 6\ (6.26 + 0.0037\ t) + 5\ (5.61 + 0.0033\ t) + (3 + 0.5)\ (4.8 + 0.0006\ t)] = = 659 \times 1000$.

Pag. 249, riga 22 — la perforatrice *elettro-pneumatica* Temple-Ingersoll, affatto recente, è una perforatrice ad aria, che mediante due corti tubi flessibili, riceve alternativamente, sulle due faccie del pistone, delle impulsioni, dovute a fiotti d'aria compressa a circa 2.5 atm. prodotti nei due cilindri di un piccolo compressore a piastre radianti, detto ***pulsatore***, comandato elettricamente. Il movimento del pistone della perforatrice risulta così sincronico a quello del bilanciere che collega i due stantuffi verticali del pulsatore.

Pag. 299, riga 28 — per ragioni di sicurezza talvolta si compie lo scavo dei fornelli in due sezioni, che si spostano alternativamente di un certo tratto ognuna, come è chiaramente rappresentato nella figura qui sotto.



Fornello alla miniera di Vallimperina.

INDICE ALFABETICO

A, a

Abbadia S. Salvatore, 44, 88.
abbrivatura, 495.
accenditore elettrico, 274.
accessione, 687, 688.
acetilene (lampade), 593.
acidate (mine), 226.
Acido carbonico, 103, 562.
Acquitaniano, 25.
aereazione naturale, 565.
agglomerazione, 620.
aghi infernali, 225.
Agordo, 42, 82.
Agricola, 62.
agro vedi anidride solforosa.
alabastro, 95.
Albiano, 24.
alchifus, 71.
alghe, 22.
Allagir, 71, 79.
Allegany, 99.
allotigino, 11.
allotriomorfo, 4.
Allumite, 103.
alluvionali (terreni), 45.
alluvioni metallifere, 67.
alluvioni aurifere, 333.
Almaden, 87.
aloctono, 104.
aloè, 456.
Alpi, 29.
alpino, 33.
amalgamazione, 639.
amianto, 97.
Amiata (monte), 44.
ammassi, 120, 141.
Ammeberg, 42, 78.
ammoniti, 23.
anageniti, 12.
Ande, 23.
andesiti, 6.
anemometri, 582.
anfiboloschisti, 14.
Anger, 390.
ankilostomiasi, 606.
anidride (gesso), 94.
anidride solforosa, 562.
Anjou, 347.
anticlinali, 26, 125.
antimonio, 90, 621.
antraciti, 22, 106.
antracitoso, 24.
Anzin, 524.
Aosta, 106.
aperietur (diritto di), 689.
apliti, 5.
apofisi, 11.
Appennini, 23.
Apscheron, 99.
aptiano, 24.
arcaico, 22, 24.
ardennese, 24.
ardesie, 14, 45, 390.
arenarie, 12.
Argentiera, 144.
argento, 77.
argille, 12.
aria liquida, 193.
armoricano, 24.
arnusiano, 25.
arricchimento dei minerali, 621.
asbesto, 97.
ascensum (teoria), 62, 63.
asfalto, 14, 101.
assisa, 20.
associazioni minerali, 59, 116.
asta maestra, 541.
astiano, 25.
attuale (era), 23.
autigeno, 1.
autoctono, 105.

avaleress, 307.
avanzamenti, 281.
attività terrestri, 21.
azoico, 23, 24.
azoto (sviluppi di), 562.

B, b

bagni operai, 59.
Bainbridge (lampada), 593.
baiociano, 24.
ballast, 631.
banchi, 49.
barelle, 496.
barite, 95.
barremine, 183.
barriere di sicurezza, 525.
barriere doppie, 424.
Bartlett, 678.
bartoniano, 25.
basalti, 6.
basaniti, 6.
Bascoup, 529.
batée, 117.
batoniano, 24.
bauxiti, 92.
Beck, 40.
Becker, 28.
Bedingo (giacimenti di), 53, 132.
belemniti, 23.
benne a pattini, 418.
benne sospese, 516.
Bergeat, 44.
Beth (miniera), 44.
biancone, 24.
Bickford, 195.
bilancia ad acqua, 504.
Bilbao, 50, 86, 519.
Bischoff, 62, 63.
bit, 177, 180.
bitume, 101.
black-bande, 41, 85.
Blacke, 543, 629.
Bleialf, 535.
Bleiberg, 71, 524.
Bleichert, 508, 513, 519.
blenda, 78.
Bocche del Rodano, 525.
Boccheggiano, 83.
Bochkoltz, 533.
boemiano, 24.
Bonifacius, 531.
borace, 101.
Bornet, 234, 265,
boccardi, 638.
borratura, 194.
botticino, 94.
Boucherot, 555.
boulants (terreni), 293.
Box (perforatrice), 248.
Brandt (perforat.), 234, 236, 294, 272.
Braubach, 71.
breccie, 72.
breccie di frizione, 28.
Bridgmann (campionatore), 614.
briscale, 98.
broccatello, 93.
Brocken Hill, 42, 603.
Brögger, 9.
Brosso, 42.
Brown, 508.
broyeurs, 633.
Bruay, 547.
Brunot-Heuschen, 512, 515.
Brunton, 613.
Brux, 369.
Bunsen, 63.
buntersandstein, 24.
bussola, 36.

C, c

calamina, 78 621.
calcari cipollini, 14.
calcare metallifero, 74.
caledoniano, 22, 34.
calloviano, 24.
Calumet-Hecla, 82.
cambriano, 24.
camere, 364.
Cameron, 543.
camicia (di cilindraia), 634.
Cammett, 678.
Campiglia, 42, 82, 92.
Campina, 125.
campionatura del giacimento, 611.
campioni, 610.
canadese (sondaggio), 165.
candela da minatore, 592.
cantieri, 341, 342.
cantieri di abbattimento, 269.
cantine, 602.
caolinizzazione, 58.
caolino, 97.
Capo Becco, 91.
cappelli di ferro, 110, 116.
carbonifero, 24.
cargnole, 13.

carnico, 24.
Carpazi, 23.
Carr, 643.
carrelli a dislivello, vedi *truck*.
carriole, 496.
carusi, 418.
Casale, 94, 95.
Casellette, 97.
case operaie, 602.
cassiterite, 92.
cassone a scosse, 676.
cassone tedesco, 670.
cassoni dormienti, 670.
Castellina, 95.
castello, 453.
catena portata, 503.
catena senza fine, 437.
cateratta, 533.
cavalli, 432.
cave, 70, 92, 689.
cemento, 94.
cenomamiano, 24.
cenozoica (epoca), 23, 25.
center-scavo, 302.
centrali di condensazione, 479.
Ceretti Tanfani, 519.
cernita (banchi di), 625, 626.
cerussite, 71.
channels, 218.
charmatiano, 24.
Chaudron, 311.
chedditi, 193.
ciclone (disintegratore), 644.
cilindraie o broyeurs, 633.
cinabro, 86.
cipollini, 21.
classificazione per volume, 657.
clastico, 1.
Claustal, 526.
cloritoschisti, 14, 15.
coffe, 496.
Cogne, 44.
cogs, 324,
collodio, 192.
Comet, 632.
Commer, 42.
commissioni operaie di vigilanza, 603.
compressori, 254.
Comstok-Lode, 560.
concasseurs, 629.
concessione, 691.
conglomerati, 12, 22.
consigli di conciliazione, 603.
consorzi obbligatori, 627.
contabilità, 604.
conveyors, 335, 506, 681.
coppe, 135.
coralli, 13.
coralliano, 24.
Cord, 678.
cordoni detonanti, 201.
Cornacchino, 50.
corniola, 96.
Cornovaglia, 533.
corons, 602.
corpi di pompa, 536.
Cortivecchia, 88.
Costa Yels, 519.
coti (pietre), 96.
cottimo, 601.
cotting, 625.
covolume, 203.
creta, 13.
cretaceo, 24.
criolite, 92.
crivelli dell'Harz, 665.
crivelli meccanici, 662.
crivello a mano, 660.
crivello filtrante, 664.
crivello inglese, 660.
crivello (preparazione del), 665.
crivello sardo, 660.
culbuteur, 427, 499.
culm, 24.
Cumberland, 523.
curetta, 230.
cuvelage, 307.

D, d

Dana, 7.
daniano, 24.
Darlington, 244.
Daubrée, 27, 63.
Davey, 543.
Davvy, 593.
defosforazione, 609.
densità dei minerali, 655.
dépilage, 357.
derrick, 163.
deuterogeni, 44.
Devil, 643.
devoniano, 24.
diabasi, 5.
diamanti, 622.
diaspri, 12.
dicchi, 3.
differenziazioni, 6.
differenziazioni magmatiche, 39.

diluvium, 25.
dinamiti, 191, 210.
dinamometamorfismo, 14.
Diodoro, 62.
dioriti, 5.
diritto dell'occupazione, 688.
diritto feudale, 687.
discariche, 281.
discordanze, 25.
disgaggio, 274.
disgelatore dinamiti, 211.
disintegratori, 642.
distillazione, 620.
ditroite, 5.
Dobsina, 86.
doccie, 599.
Dodge, 631.
dogger, 24.
dolomiti, 13.
dormienti (cassoni), 670.
draghe, 214.
Dubois-Francois, 241.
Dumont, 547.
Durocher, 63.

E, e

Edding, 9.
eduzione delle acque, 524.
effusive (roccie), 2.
eguale resistenza (funi), 429.
Ehrhardt e Sehmer, 553.
eifeliano, 24.
ekvolade, 112.
Elba, 42, 44, 50, 86.
eleolitiche (sieniti), 5.
Elmore, 622.
eluviale, 45.
elveziano, 25.
ematiti, 85.
emersione, 17.
Ems, 71.
emulsori, 545.
endogene (azioni), 21.
endomorfismo, 11.
Engis, 526.
entochinetiche (fenditure), 27.
eocene, 25.
epigei (giacimenti), 43.
epigenetici, 40, 41.
epoche, 20.
equivalenza, 653.
erciniana, 22, 33.
Ere, 20.
Eclipse (perforatrice), 241.
escavatori, 296.
esochinetiche (fenditure), 28.
esogene, 21.
esploditori, 200.
estrazione magmatica, 43.
Età, 20.
età dei filoni, 64.
età delle dislocazioni, 32.
età delle roccie, 10.
eterotopiche, 18.
eufotidi, vedi *gabbri*.
Eureka, 71.

F, f

fabbricazione del cok, 620.
Fabien, 166.
facies, 17, 19.
faglie, 28, 30, 129.
fahlbande, 134.
fahrkunst, 598.
failles, 135.
Falun, 42.
fammeniano, 24.
Fauk, 174, 175.
Fauvelle, 173.
Favier, 193.
Favre, 27.
feldspati, 97.
felsofiri, 5.
Fenice Massetana, 83.
Ferraris, 678, 680.
ferro degli stagni, 13, 65.
ferro oolitico, 13.
Ferroux, 242, 272.
Festinog, 347.
feudale (diritto), 688.
filladi, 15, 21.
filo elicoidale, 220.
filoni, 3, 51, 128, 142, 394, 523.
Filoni brecciati, 60.
filoni di contatto, 53.
filoni di spaccatura 52, 54.
filoni listati, 60.
filoni strato, 52.
fini (laverie), 655, 668.
Flache, 56.
Flottmann, 244.
fluitali, 4.
focolari d'aereazione, 563.
Fonoliti, 6.
forcite, 192.
fornelli, 299, *aggiunte*.

Forster, 632.
forza o aria mefitica, 561.
Fosfati, 103.
fossili, 16.
Fowler, 105.
foyaite, 5.
Francois, 234.
Franconiano, 24.
Franke, 228, 244.
frantoi, 629.
frantoi conici, 632.
Frasch, 350.
fratture, 25.
freccia di boccardo, 640.
Freiberg, 58, 116.
Frue, 674.
Frue-Vanner, 674.
ftaniti, 13.
fulminato di mercurio, 197.
fumacchio, 196.
Fumat, 594.
Funi, 453, 515.

G, g

gabbie, 442, 444,
gabbri, 5.
galena, 71.
gallerie, 280.
gallerie di scolo, 526.
gallionella ferruginea, 13, 66.
ganga, 58.
garnierite, 91.
gashveins, 71 e *aggiunte*.
Gates, 632.
gault, 24.
Gavorrano, 44, 82.
gelatina esplosiva, 192.
geognosia, 21.
Gerrei, 91.
gesso, 94.
Giordano, 144.
Girard, 546, 547.
Giura, 23, 24.
giura bianco, 24.
giura bruno, 24.
giura nero, 24.
glaciale, 23.
Gneisenau, 532.
gneiss, 14, 21.
goaf, 368.
gomma esplosiva, 192.
Gorzente, 90.
gradini, 315.
grado geotermico, 560.
graffi, vedi *scavatrici meccaniche*.
grafite, 103.
granaglie, 655.
grandezza del rigetto, 28.
graniti, 5.
granititi, 5.
granuliti, 5, 15.
grappe, 597.
grappe da montagna, 597.
grelin (avvolgimento a), 455.
gres rosso, 24.
grezzoni, 93.
Griffin, 645.
grifoni, 50.
griglie, 646.
grisou, 205, 563.
grisoutine, 207.
Guadalcanal, 77.
Guiane, 608.
Guibal, 569.
guide da pozzo, 442

H, h

Hallett, 678.
Halkyn, 73.
Haniel e Lueg, 551.
Harz, 592.
haverie, 219.
haveuse, 219, 226.
Hecla, 82.
Helene Nachtigall, 535.
Henchel, 62.
hettangiano, 24.
Hodgson, 514.
Hôfer (regola d'), 29.
Holzappel, 531.
Honigmann, 314.
Horcaio, 72.
houiller, 24.
Huelgoat, 531.
Huelva, 81.
Hunt, 508.

I, i

idiomorfi, 4.
Idria, 87.
idrocarburi, 106.
idrogeno solforato, 562.
idrovagli, 653.

Iglesiente, 73.
Ilgner, 490.
illuminazione, 591.
impregnazione, 51.
incendi, 317, 374.
incroci di filoni, 56, 134.
infortuni, 605.
infracretaceo, 24.
infralias, 24.
Ingersoll, 234, 241.
Ingersoll-Sergeant, 236.
iniettore, 544.
iniettori d'aria, 567.
insetti, 22.
intasamento delle mine, 201.
intersetale (struttura), 4.
intrusive, 2.
investitura, 691.
ipidiomorfa, 4.
ipocristallina, 3.
ipogei (giacimenti), 43.
ipresiano, 25.
isodromia, 653.
Isola di Man, 71.
Isola S. Pietro, 96.
isopici (strati), 19.
istituzioni operaie, 602.

J, j

jalopitica (struttura), 4.
Jatus o lacune, 17.
Junkes, 7.

K, k

Kaselousky, 551.
Kemp, 40.
keratofiri, 5.
kersantiti, 5.
Keuper, 24.
kieselguhr, 13, 95.
kimmeridgiano, 24.
Kind e Chaudron, 311.
King, 8.
Kirchweger, 259.
Kirunavaara, 86, 609.
Kladno, 86.
Kley, 535.
Klondike, 608.
Knox, 226.
Koebrich, 180.
Koerting, 567.
Koepe, 473.
Kohler, 51.
Kongsberg, 77.
Krauss, 339.
Krivoi-rog, 86.
kugelmühle, 642.

L, l

labradoriti, 6.
laccoliti, 3-47.
lacune, 17.
lagoni, 102.
Lagorio, 8.
lago Tel, 102.
lamiere d'acciaio, 651.
lampade, 592.
lamprofiri, 5.
lamprofiri sienitici, 5.
langhiano, 25.
Laplace, 21.
lastranio, 94.
laurenziano, 24.
Laurion, 42, 50, 71.
Lavagna, 95.
laverie, 620.
lavoro sotterraneo, 211.
Leadville, 71.
legislazione mineraria, 687.
Leonard, 490.
leptiniti, 15.
letto, 35.
Lettomanopello, 101.
levigazione, 646.
lherzoliti, 5.
lias, 24.
lignite, 104, 329, 369.
liguriano, 25.
limburgiti, 6.
Linares, 71.
Linde, 193.
Linkenbach-tavola, 674.
lipariti, 5.
litantraci, 22, 104.
littorali (depositi), 23, 17.
livelli, 279, 342.
lizzatura, 495.
locomotive da miniera, 434, 501.
Lossen, 28.
Lotti, 43.
louchet, 182, 339.
Lugro, 102.
Luisiana, 98, 158.
Luossavaara, 86, 609.
luteziano, 25.

M, m

macadam, 631.
maccalube, 99.
Mac Cully, 632.
macigno, 12, 95.
macine del Chili, 638.
macine ordinarie, 638.
magazzeni viveri, 602.
magnesite, 96.
magnetite, 85.
magnetometro, 118.
main and tail rope, 436.
Majella, 101.
Malacca, 67.
malattie professionali, 606.
Malfidano, 80.
Mallard, 205.
malm, 24.
mammiferi, 22.
maneggi, 465.
manganese, 91.
Manina, 519.
manometri, 581.
Mansfeld, 66, 77, 80, 123, 418, 524, 592.
mantos, 58.
marcia avanti, 293.
Marles, 525.
Marmaros, 347.
marmi, 93.
marne, 12.
Marsaut, 594.
Massa Marittima, 83.
Massetano, 80, 82.
massicci, 359.
massiccio di protezione, 376.
Masua, 50, 74, 80, 553.
matrice, 58.
Mazzaron, 72.
mazzetta, 183.
melafiri, 5.
mercurio, 86.
mesozoica (epoca), 22.
messiniano, 25.
metamorfiche, 2.
metamorfismo di contatto, 9.
metamorfismo regionale, 14.
metasomatico 2, 42.
metatetici, 45.
metodo dei quarti, 616.
miarolitica (struttura), 4.
miascite, 5.
micaschisti, 14, 15, 21.
microgranuliti, 5.
microliti, 3.
micropegmatiti, 5.
Mies, 73.
Mill Crose, 73.
mine a dinamite, 197.
mine ordinarie, 196.
minerale (definizione), 607, 690.
mineralizzatori, 48.
miniere, 70, 93, 689.
miocene, 25.
misti (prodotti), 624.
moderno (terreno), 25.
Moiane, 101.
molassa, 12, 95.
molassico (mare), 25.
mollette, 453, 461.
monitors, 215, 333.
Monte Amiata, 88, 96.
Monte Argentaro, 91.
Monte Avala, 86.
Montecani, 79, 82, 84.
Monte Capanne, 96.
Montecatini, 41, 121.
Montechino, 101.
Monte Morgan, 88.
Monteponi, 42, 71, 80, 651.
Montevecchio, 57, 74, 80, 128, 134, 136, 533, 535.
Monticolo, 38.
Moore, 550.
morene, 12, 45.
Morgen, 56.
Mortier, 580.
Muesler, 594.
muli, 433.
mulini, 634.
Müller, 486.
multiple (frantoio), 690.
Mûre, 411.
Murgue, 570.
muro, 31, 35.
muschelkalk, 24.

N, n

nastro continuo, 676.
nastro continuo o Vanner, 673.
naviti, 5.
nazionalizzazione delle miniere, 688.
nefeliniti, 6.
Neil, 243.
neocene, 25.
neocomiano, 24.
neovolcaniche, 2.
nettamine, 230.

Neupert, 319.
nichelio, 91.
Nikitovka, 87.
nitracene (dinamiti al), 210.
nitroglicerina, 187, 189, 210.
Nobel, 190.
norico, 24.
noriti, 5, 48.
nummuliti, 23, 25.
Nuova Almaden, 87.

O, o

ocre, 12.
Oeynhausen, 166.
ofitico, 4.
oil lines, 125.
oligocene, 25.
olocristallino, 3.
oolite, 24.
onze, 689.
orificio equivalente della miniera, 570.
origine dei filoni, 62.
orizzonti geologici, 18.
oro, 88, 639.
ortofiri, 5.
ortogneiss, 15.
ospedali delle miniere, 607.
ossidiana, 6, 10.
oxfordiano, 24.
Oxland, 623.
ozocherite, 101.

P, p

paghe, 600.
pale, 181.
paleocene, 25.
paleontologia, 16, 20.
paleovolcaniche (roccie), 2.
paleozoico, 22, 24.
palmole boccardi, 640.
panidiomorfa, 4.
pantelleriti, 5.
paracadute, 459.
paragenesi, 59.
paragneiss, 15.
Pari, 44.
parisiano 25.
Passau, 103.
pasture, 353.
pelagici (depositi), 12, 17.
peli delle roccie, 229.
pelitici, 12.
pendenza degli strati, 34.
pendenza d'equilibrio, 429.
Pensilvania, 530.
Pereta, 91.
perforatrici, 232.
perforatrici a gas, 250.
perforatrici a percussione, 239.
perforatrici a rotazione, 254.
perforatrici elettriche, 246.
id. elettro-pneumatiche, *aggiunte*.
perforazioni a mano, 229.
peridotiti, 5.
perlite, 6.
permesso di ricerca, 691.
permiano, 24.
pesci fossili, 22.
Pestarena, 90, 114.
pestelli, 638.
petroli, 14, 99, 621.
piacenziano, 25.
piani inclinati, 335, 420, 504.
piano o assisa, 20.
piccone, 181, 217.
picriti, 5.
pieghe, 25.
pietra serena, 95.
pilotassica, 4.
Pinerolo, 103.
piombo, 70.
piombo d'opera, 621.
pirenaico, 33.
Pitch-lake, 101.
Pitkaranta, 92.
placers, 90, 608.
plansichter, 650.
pleistocene, 25.
pliocene, 25.
Plombierès, 63.
pneumoidatogenesi, 48.
pneumotolisi, 48.
Poetsch, 311.
polvere di mezzo (mine a), 226.
polvere nera, 188, 210.
polveri pericolose, 563.
polveriere, 208.
pomici, 10, 96.
pompa Espress, 554.
pompe, 530.
pompe centrifughe, 555.
pompe d'avaleress, 543.
pompe sotterranee, 542.
Pongibaud, 71.
ponti caricatori, 506.

porcellaniti, 13.
porfidi, 5.
porfirica (struttura), 4.
porfiriti, 5.
porfiriti augitiche, 5.
portlandiano, 24.
portoro, 93.
pozzi maestri, 341.
pozzolana, 12.
prelevamento dei campioni, 612.
preparazione dei combustibili, 619.
primario (terreno), 24.
Primosigh, 523.
Prometeo, 193.
propilitizzazione, 58.
proprietà magnetiche, 622.
prospector, 108 139.
protogeni, 44.
psammitica, 12.
psefitica, 12.
puberchiano, 24.
puddinghe, 12.
Puglie, 92.
puisard, 296, 529.
puleggia penetrante, 221.
pulsometri, 544.
puntate, 317.
Pzibram, 58, 73, 79.

Q, q

quarziti, 15.
quarti (metodo dei), 616.
quartieri, 279. 342.
quarzo, 96.
quaternaria (epoca), 23, 25.

R, r

raganelle, 680.
railb, 24.
Raky, 174.
rame, 80.
Rammelsberg, 32, 42, 50.
Ramsbeck, 71.
Rand, 89, 243.
Rätter, 647.
ravaneti, 494.
regola dell'angolo ottuso, 31.
regressione (depositi in), 16.
renano, 24.
retico, 24.
retinite, 6, 10.
rettili alati, 22.
rettili anfibi, 22.
ribassi, 141, 280.
ricerche minerarie, 107, 689, 691.
ricetta, 296.
ricevitori, 484.
ricoprimenti, 27.
Riedler, 553.
riempimento idraulico, 379.
rigeneratori di forza, 533.
rigetti, 28.
rinchiuso, 562.
rioliti, 5.
Rio Tinto, 42.
riposo, 35.
ripresa (abbattimenti in), 370.
riservette, 209.
ritti di legname, 323.
Rittinger, 539, 676.
roburite, 193.
roccie d'origine organica, 13.
roccie ignee, 2.
roccie stratificate, 11.
royalty, 689.
Romagna, 98.
Rosas, 682.
Rosenau, 77.
Rosenbusch, 9.
Rosia, 91.
Rosselli, 593.
Rossler, 62.
Round buddle, 671.
rovesciatori, 427, 499.
rudiste, 23.
ruota con caviglie, 464.

S, s

sabbie, 651, 668, 690.
Sacchi, 544
sahariano, 25.
salbande, 58.
salgemma, 13, 102.
Salsomaggiore, 690.
Sandberger, 72.
San Giovanni d'Incarico, 101.
San Giovanni in Val d'Arno, 410.
Sanna, 636.
Santa Fiora, 88.
Sardara, 103.
Sardegna, 522.
sarmatico, 25.
Sarrabus, 57, 78.

Sartorius di Walterhausen, 7.
satelliti (strati), 129.
sauriani, 22.
scaglia, 24.
scandinaviano, 24.
scavatrici meccaniche, 214.
scheidage, 624.
Schemnitz, 527.
schisti, 14.
schisto-cristalline (roccie), 2, 14.
schlamm, 651.
Schmid, 30.
Schranz, 631, 638.
Scrope, 6.
secondaria (epoca), 22.
segregazioni, 39.
senoniano, 24.
Seraing, 28.
servino, 24.
sestiano, 25.
Settle, 206.
Seui, 106.
sfangatori, 647.
sguardo della faglia, 36.
Sicilia, 98.
siderite, 85.
siderolitico, 25.
Siegen, 71.
Siemens, 234, 235, 246, 266.
sieniti, 5.
sifoni, 335, 528.
siluriano, 24.
sinclinali, 27.
sinemuriano, 24.
singenetici, 40.
sistemi coniugati di fratture, 28.
skips, 441, 530.
Slesia, 372.
sluices, 217, 334.
smorzatori, 579.
Sobrero, 190.
soffioni, 102, 158.
solenoidi, 250.
solfare, 375, 689.
solfifera (formazione), 25.
solfo, 97, 158 621.
Sommelier, 240.
sondaggi, 141, 163.
sonde, 159.
sordowalite, 5.
sorteurs, 418.
sopporti metallici, 324.
sostegni, 322.
sottoscavo, 223.
soufflards, 564.
sparnaziano, 25.
spat, 56.
specchiature, 28.
spezzature, 624, 627.
spiliti, 5.
spiraloidici (tamburi), 472.
Spireck, 113, 623.
spitzkasten, 652.
spitzlütten, 652.
Spoleto, 369.
stampi, 183.
stampiano, 25.
Stassfurt, 102, 352.
Stauss. 447.
Steavenson, 234.
stehende, 56.
Stein-Billharz, 676.
Stelzner, 44.
Stephan, 516.
stibina, 90.
stockwerks, 56, 92.
strati, 11, 122, 140.
stratimetri, 180.
strati sottili, 381.
strato satellite, 19.
strömgerinne, 651.
struttura dei filoni, 59.
strutture roccie, 3.
Sturtewant, 631.
Sudbury, 91.
suessoniano, 25.
superfici geologiche, 18.
Sussex, 528.
Su Suergiu, 91.

T, t

tagli, 381.
tailing, 674.
tail-rope, 502.
talco, 97.
talcoschisti, 15.
tamburi macchine d'estrazione, 453.
Tangy, 543.
tappo, 268.
taquet, 445.
tavole, 669.
tefriti, 6.
telferaggio, 516,
telferaggio elettrico, 519.
Tell, 8.
temperamento della miniera, 569.
Temperly, 508.
tenore dei minerali, 608.
termale, 63.

terraziano, 25.
terre bolari, 96.
terziaria (epoca), 23, 25.
teschenìti, 5.
tetto, 31, 35.
thanetiano, 25.
theraliti, 5.
Tholeut, 653.
Thomson-Houston, 235, 267.
tiroliano, 24.
titonico, 24.
toarciano, 24.
tocage, 689.
Tolfa, 103.
tonalite, 5.
tongriano, 25.
torbe, 104.
torbiere, 330, 339.
Tortolì, 96.
tortoniano, 25.
tracciamento di gallerie, 344.
trachiti, 6.
trancie inclinate, 405.
trancie orizzontali, 409.
transizioni, 18.
trasgressione, 16.
trasporti con funi, 438.
Trauzl, 203.
traverse, 281.
Traversella, 42.
traverso banchi, 25.
travertini, 16.
trias, 24.
Trieger, 309.
trilobiti, 22.
Trinidad-lake, 101.
tripoli, 13, 95.
trivelle, 159.
trombe di getto, 419.
trommels, 647.
trousse-picotee, 308.
trubi, 98.
truck, 423.
truk-systeme, 602.
tubi di ghisa pompe, 543.
tufi, 10, 13, 98.
tufo mortale *gas delle solfare*.
turbopompe, 556.
turoniano, 24.
Tustin, 645.

U, u

umformer, 490.
umidità (determinazione dell'), 616.
uragani nelle miniere, 22, 375.
urgoniano, 24.
uroniano, 22, 24.
Usseglio, 97.

V, v

Vadu Dobri, 519.
va-e-vieni, 510.
vagoncini, 425.
Vajda Hunyad, 519.
Vallalta, 88.
Valsassina, 95.
Val Seriana, 80, 96.
Vanner, 673.
Van Offel, 62.
Vapart, 743.
varate, 224.
variolite, 5.
Velleia, 401.
ventilatore Guibal, 575.
ventilatore Rateau, 578.
ventilatore Roote, 574.
ventilatore Ser, 575.
ventilatori, 567.
ventilatori centrifugi, 572.
ventilatori Fabry, 573.
ventilatori Lemielle, 573.
Ventilatori volumogeni, 572.
ventilazione, 559.
verde di Polcevera, 93.
verricello, 464.
verrucano, 24.
vetrofirica, 3.
Vialas, 73.
vibrovagli, 650.
Villa di Chiesa, 73.
villafranchiano, 25.
volata di mine, 273.
volpino, 95.
Von Beust, 62.
von Richthofen, 8.
vosgiano, 24.

W, w

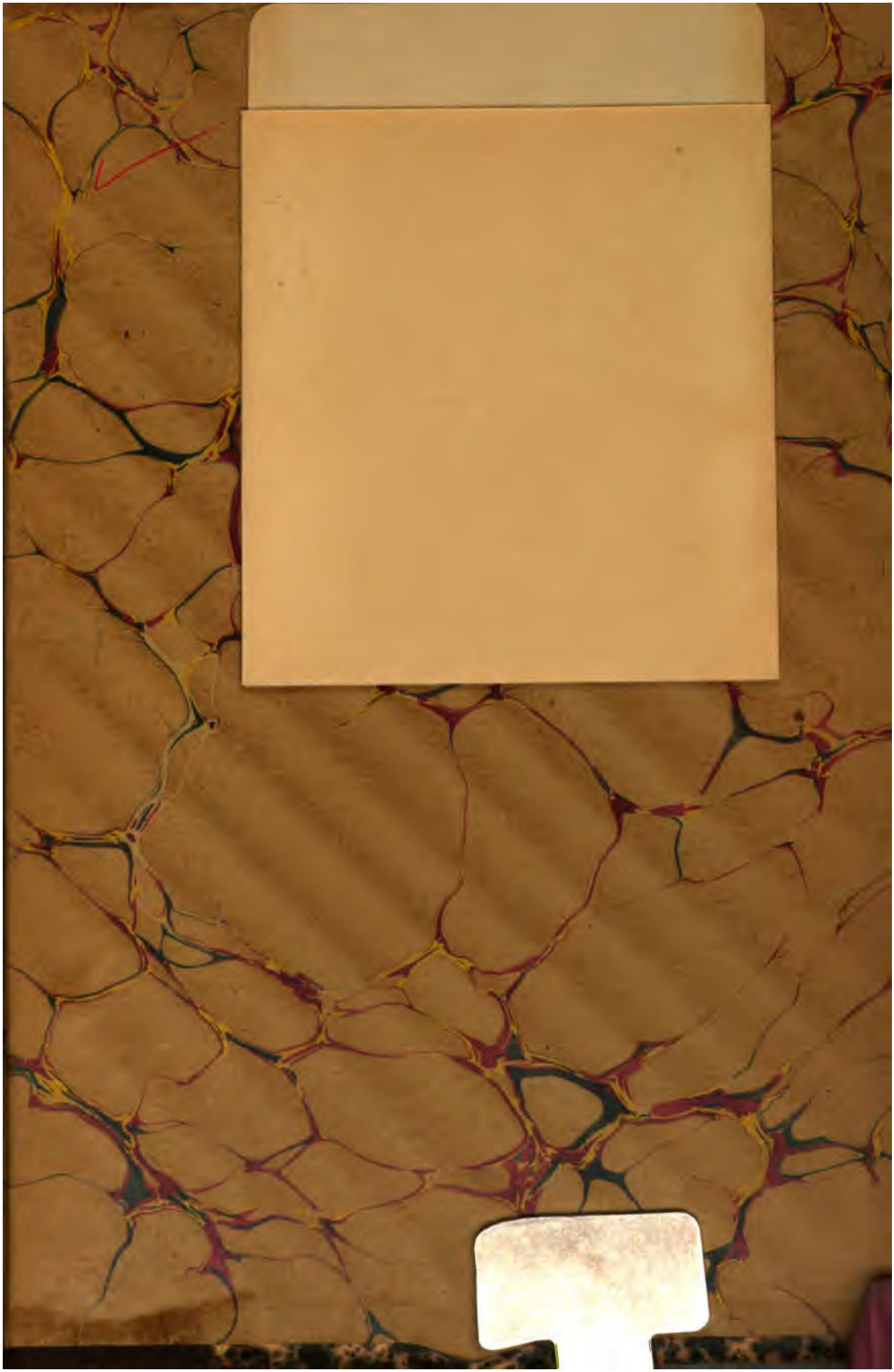
waroquere, 598.
Washington, 9.
Watt, 533.
Wells, 593.
Werner, 58.
Wesfaglia, 524.

Wetherill (separatore), 622.
Wielitzka, 347.
Wilfley, 678.
winch, 505.
Wolf, 595.
Wolsky, 176.
Worthington, 546.

Z, z

zancleano, 25.
zechstein, 24.
Zimmermann, 30.


89083898916
B89083898916A



89083898916

b89083898916a