l'INDUSTRIA MINERARIA

MINIERE E CAVE - METALLURGIA - GEOLOGIA APPLICATA

Mensile di tecnica economia e diritto

Rimin - Biblioteca

Volume T - 1178

Rif.

La miniera mercurifera d'Abbadia S. Salvatore

ERMANNO BRANCONI

(Estratto dal fascicolo di settembre 1976, anno XXVII, della rassegna « L'Industria Mineraria »)

STABILIMENTO GRAFICO FRATELLI LEGA - FAENZA

La miniera mercurifera d'Abbadia S. Salvatore

ERMANNO BRANCONI *

Premessa

Nella parte meridionale della Toscana, all'intorno del Monte Amiata che si erge isolato tra gli Appennini e la Maremma, ricorre una delle più importanti province mercurifere del mondo occidentale, seconda solamente a quella di Almadén (Spagna). In questo comprensorio l'attività mineraria è di casa da oltre un secolo, da quando cioè le iniziative, a volte anche straniere, si sono moltiplicate per mettere in valore questa ricchezza naturale. Sono così nate diverse attività estrattive con fortune alterne, legate evidentemente alle vicissitudini del mercato del mercurio ed alla estensione dei giacimenti interessati; il loro sfruttamento ha comunque rappresentato e rappresenta ancora il fatto industriale della zona. Peraltro il carattere preminente dell'industria mercurifera ha fatto sì che sia indicato parlare, per la zona amiatina, di monocoltura economica con tutte le implicazioni negative ad esse connesse.

Da circa un quinquennio le fortune del mercurio sembrano essersi appannate e per quanto sia difficile stabilire se la crisi che lo ha investito sia di natura strutturale o congiunturale, è certo che i riflessi occupazionali e socio-economici per il comprensorio amiatino saranno pesanti; comunque esso dovrà affrontare una riduzione nel numero degli addetti nell'industria mercurifera. L'importanza di questo fenomeno discenderà dall'ampiezza della crisi che ha investito il settore mercurifero e le eventuali valutazioni sulle conseguenze occupazionali sono evidentemente correlate ai risultati d'una analisi delle prospettive del mercurio e alla valutazione della capacità delle miniere amiatine d'affrontare in termini positivi questa crisi.

È purtroppo certo che l'importanza mondiale del bacino amiatino è destinata a scadere, come di fatto è già scaduta, vuoi per l'esaurimento di alcuni suoi giacimenti, vuoi per l'affacciarsi sulla scena d'altri produttori che usufruiscono di condizioni giacimentologiche ed economiche più favorevoli, vuoi ancora e soprattutto per la degradazione dei prezzi di vendita che stanno emarginando le miniere amiatine a causa dei loro alti costi produttivi.

Almeno a *lungo termine* la previsione d'evoluzione dei consumi e dei prezzi del mercurio non è certamente incoraggiante: l'eccedenza della produzione rispetto ai consumi sembra destinata ad accentuarsi. Difatti i più grossi produttori mondiali (Spagna, Italia, Jugoslavia, Algeria, Turchia, URSS, Cina) sono rappresentati da società statali o parastatali che mantengono intatti, per motivi sociali, il loro ritmo produttivo, indipendentemente quindi dalle necessità del mercato che invece ha tendenza a contrarsi, soprattutto nei Paesi industrializzati, per l'intervento del legislatore, preoccupato degli effetti tossici del mercurio sull'ambiente. Sempre a lungo termine il mercato sarà certamente influenzato anche negativamente dall'offerta di mercurio di riciclo, proveniente dallo smantellamento d'impianti, in prevalenza cloro-soda, sostituiti da altri in cui il mercurio non interviene.

A *medio termine* il problema è più sfumato. Lo squilibrio attuale tra domanda ed offerta, anche se non sembra per il momento mostrare concreti accenni di raddrizzamento nonostante gli sforzi delle società produttrici attraverso la loro Associazione Internazionale per trovare nuovi sbocchi al metallo, potrebbe evolversi in maniera moderatamente positiva man mano che la fase recessionale mondiale attuale troverà soluzione e s'osserverà un riavvio di processi produttivi industriali in termini più ampi di quelli presenti. A questo punto dovrebbe verificarsi un miglioramento delle quotazioni del mercurio, precipitato in pochissimo tempo da 320-330 $/Bb a 75 $/Bb, ed una loro stabilizzazione su livelli più interessanti degli attuali anche se non così remunerativi come lo erano stati nel passato (fig. 1).

* Presidente ed Amministratore Delegato della Società Mercurifera Monte Amiata S.p.A.

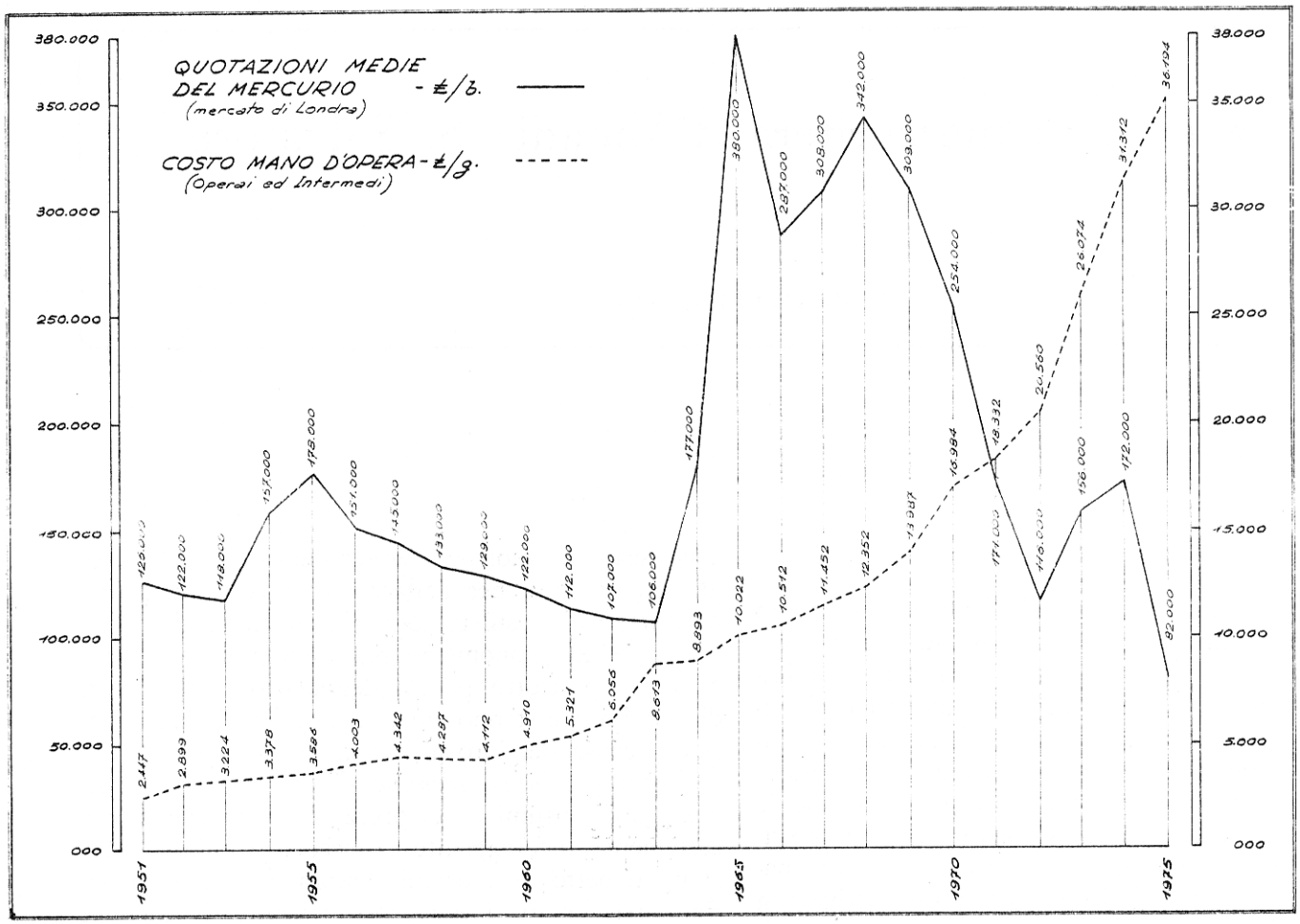

Fig. 1 — Grafico quotazioni mercurio e costi mano d'opera.

Questa prospettiva di medio termine ha spinto la Società Mercurifera Monte Ampiata S.p.A., concessionaria di tutte le miniere mercurifere amiatine, a progettate una radicale ristrutturazione del proprio settore, con l'abbandono di quelle miniere che non hanno alcuna possibilità di sopravvivenza, e il potenziamento, sia pure con organici ridotti, di quelle che possono ancora giocare un ruolo nell'economia mondiale del mercurio. Il personale resosi libero dalla chiusura delle prime e dal ridimensionamento delle seconde troverà collocamento in attività industriali sostitutive che l'Italminiere-EGAM, a cui peraltro è affidato il controllo della Società Mercurifera Monte Amiata, sta attivamente predisponendo. Le miniere residue dovranno quindi ristrutturarsi ed a questo fine esse stanno già portando avanti un programma d' ammodernamento. In questo contesto giocherà un ruolo determinante il cambiamento del metodo di coltivazione nella miniera più importante del comparto amiatino: Abbadia S. Salvatore. Adottato circa 5 anni orsono su un cantiere pilota ed in fase d'estensione progressiva agli altri cantieri della miniera, esso ha permesso un incremento fortissimo della produttività individuale ed un decisivo miglioramento dell'ambiente di lavoro. Peraltro, non appena tutti i cantieri saranno trasformati ed idoneamente equipaggiati, si dovrebbe poter contare su rendimenti di fondo incrementati d'almeno il 300%, rispetto alla situazione precedente, con benefiche ripercussioni sui costi e sulle possibilità di sopravvivenza d'una ridotta attività mineraria mercurifera.

La ristrettezza e la staticità del mercato del mercurio, nondimeno, non potranno certamente permettere una dilatazione della produzione del metallo, peraltro di difficile collocazione. La ristrutturazione quindi non potrà prescindere da un ridimensionamento drastico degli organici per ridurre i costi a parità di produzione di mercurio, da ottenersi però con alte produttività singole.

Nella nota che segue si è voluto illustrare il cammino percorso e i programmi in corso d'attuazione. Da rilevare tuttavia che il metodo di coltivazione per trance discendenti e ripiena cementata, adottato in sostituzione di quello a trance montanti e ripiena sciolta già in uso, pur ispirato ad altri esempi della regione, ha dovuto nel caso specifico subire profonde modifiche ed adattamenti. Questi fatti trovano la loro origine nelle limitate dimensioni delle masse in coltivazione, nell'irregolarità della loro mi-

neralizzazione e dalla frastagliatura del loro perimetro, assai diverso da trancia a trancia anche se sottostante ad altre già coltivate. Ne è derivata la utilità di moltiplicare impianti di betonaggio, che per il loro costo e insalubrità d'ambiente di lavoro si è preferito ubicare all'esterno; l' impossibilità di realizzare scavi ad ampia sezione per un corretto controllo del tenore del minerale; la necessità d'adottare tecniche differenti per le parti sotto cemento e quelle invece in vergine alle estremità frastagliate delle masse coltivate. I risultati quindi non hanno potuto essere così vistosi come altrove. Malgrado ciò si è giunti ad incrementi produttivi degni di segnalazione.

Generalità

La miniera di Abbadia S. Salvatore rappresenta l'attività estrattiva più importante del comparto amiatino, le altre miniere essendo quelle di Bagni S. Filippo, Monte Civitella, Morone e Bagnore. Tutte sono riunite nella Società Mercurifera Monte Amiata S.p.A. (Italminiere-EGAM), costituita all'inizio dell'anno 1974, su direttiva ministeriale, nel quadro d'una riorganizzazione del settore mercurifero italiano.

L'importanza del bacino mercurifero del Monte Amiata può essere valutata dal fatto che negli ultimi cento anni esso ha prodotto circa 1.800.000 bombole di mercurio e che la sua produzione dal 1900 ad oggi ha rappresentato circa il 27% della produzione mondiale. Sfortunatamente, come si è già accennato, questa posizione preminente è in fase di progressiva decadenza tanto per l'esistenza di più ricchi giacimenti mondiali quanto per l'esaurimento del bacino e la contemporanea diminuzione del tenore del minerale, dimezzatosi negli ultimi 10 anni.

Tuttavia il giacimento di Abbadia S. Salvatore è il più rilevante tra quelli gestiti dalla Società Mercurifera Monte Amiata S.p.A. A lui solo è attribuibile il 60-65% della produzione societaria: su di esso sono stati concentrati gli sforzi d'ammodernamento peraltro giustificati anche dalla maggiore dimensione delle masse mineralizzate da coltivare.

Descrizione geo-giacimentologica

Le formazioni sedimentarie, sottostanti alla trachite del Monte Amiata e interessate dalla mineralizzazione cinabrifera, s'allineano in direzione SE-NW con pendenza di circa 30°, essendo delimitate verso l'alto da una zona d'erosione riempita da rocce vulcaniche (fig. 2). La serie completa consta di 5 termini:

1) *scisti policromi,* costituiti da argille scagliose di colore variabile a letto dei livelli potenzialmente mineralizzati;

2) *sottonummulitico,* alternanze di calcareniti con calcari compatti d'età non posteriore al Cretaceo superiore. Per aumento della presenza delle calcareniti si passa al:

3) *bancone o nummulitico,* in cui le calcareniti sono fittamente intrecciate da vene di calcite spastica. Verso l'alto per la comparsa di livelli argillosi si giunge al:

4) *sopranummulitico,* caratterizzato da alternanze ben delineate di straterelli d'argilla e calcareniti nei quali ha sede prevalentemente la mineralizzazione. Questa formazione ha uno spessore di 70-80 m ed è delimitata a tetto dalle:

5) *argille verdi,* sulle cui età e formazione si sono accesi da tempo ampi dibattiti e che strutturalmente è formata da argille grigio-verdi con intercalazioni di tornanti calcarei.

Il minerale della miniera d'Abbadia è costituito da cinabro con scarsa pirite; rarissimo e solo nei livelli più alti il mercurio nativo. Il cinabro generalmente si presenta sotto forma di spalmature di colore vivo, allorché interessa un reticolato di fratture calcaree, o di colore vivo cupo quando invece la matrice argillosa è prevalente. Più rare le concrezioni, questa volta l'aspetto terroso, di chiara origine secondaria.

La mineralizzazione interessa soprattutto il sopranummulitico, spingendosi a contatto con le trachiti allorché mancano le argille verdi di tetto. Praticamente quindi la formazione potenzialmente mineralizzata è compresa tra due sedimenti argillosi (scisti policromi a letto e argille verdi a tetto); solo eccezionalmente il tetto è rappresentato dalle trachiti. Non è escluso tuttavia, secondo recenti idee, che esista una ripetizione dell'orizzonte mineralizzabile all'interno della pila degli scisti policromi, ma per ora la questione è solo ipotizzabile ed in attesa di conferma. La diffusione del cinabro è variabilissima e dipende dalla fratturazione dei terreni impregnati, dalla maggiore o minore componente argillosa, da fenomeni d'accumulo per l'esistenza di formazioni impermeabili.

La morfologia quindi delle masse mineralizzate, distribuite irregolarmente all'interno dell'orizzonte utile, è estremamente variabile: trattasi in effetti di disseminazioni cinabrifere delimitate verso tetto dalle argille verdi e in modo completamente imprevedibile nelle altre direzioni con macchie sterili all'interno delle masse stesse. A volte la massa mineralizzata è completamente rimaneggiata a brecciolame (« caotici ») con trachite fluida.

Descrizione della miniera

Si è detto come le masse mineralizzate siano distribuite irregolarmente lungo una fascia di sedi-

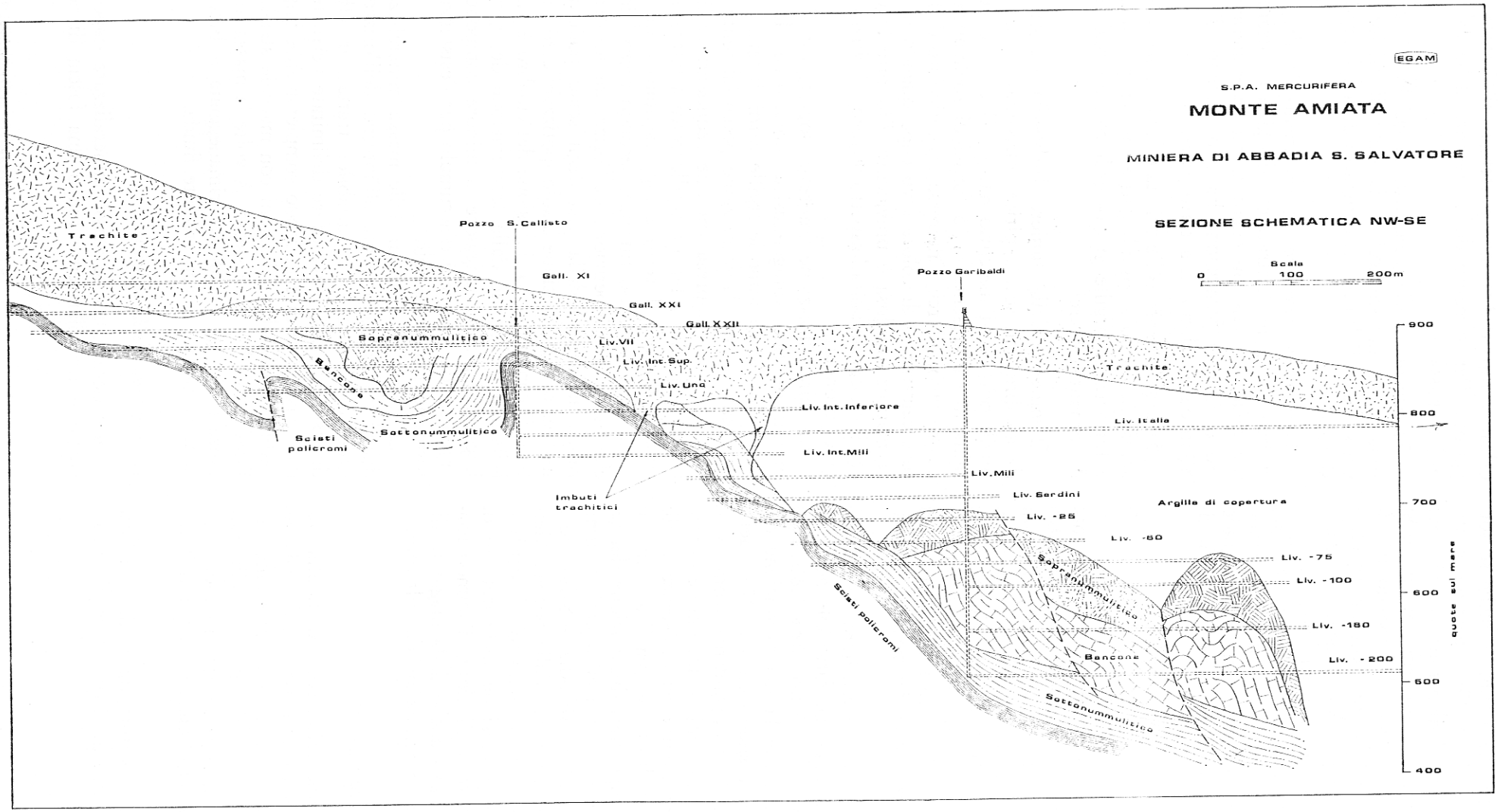

Fig. 2. — Sezione geologica.

menti calcareo-argillosi con direzione NW-SE ed immersione 30°. La loro ricognizione ha avuto luogo con gallerie a mezza costa nella parte nord-occidentale della formazione, mentre per la parte centrale e sud-orientale si è dovuto fare ricorso a due pozzi: il Pozzo S. Callisto ed il Pozzo Garibaldi, scavati in tempi diversi a circa 500 m l'uno dall'altro. Entrambi hanno attraversato da tetto a letto le formazioni utili; gallerie di collegamento tra la parte terminale del primo e i livelli più alti del secondo sono state realizzate successivamente. Ultimamente una galleria di sŭolo ha messo in comunicazione con l'esterno il punto finale del Pozzo Garibaldi. Dai pozzi, ad intervalli regolari di 25 m, sono state spinte le gallerie esplorative, in un secondo tempo trasformate, dopo le opportune rettifiche, in gallerie di carreggio. Generalmente esse sono state scavate in minerale ed hanno richiesto rivestimenti definitivi per la natura spingente dei terreni attraversati. Sistematici fornelli hanno completato la ricerca, faforendo nel contempo la ventilazione e quindi il raffreddamento delle rocce interessate dai lavori che, soprattutto ai livelli bassi, mostrano temperature particolarmente elevate (60-70°).

I due pozzi, alquanto vetusti, risentono evidentemente delle limitazioni produttive con cui la miniera era stata progettata e condotta nel passato. Varie circostanze hanno impedito la loro sostituzione che purtròppo sta diventando sempre più problematica per le ripercussioni finanziarie che la crisi del mercurio determina sugli investimenti societari. Peraltro la loro capacità d'estrazione rappresenta anche i limiti produttivi della miniera. Entrambi i pozzi sono a sezione circolare con ∅ 3,80 e rivestimento in mattoni, rinforzato con iniezioni di cemento nella roccia circostante. Muniti di doppia gabbia possono ricevere berline fisse da 1 t e vengono utilizzati tanto per il trasporto del personale quanto per il materiale, oltre beninteso per il minerale stesso. Il Pozzo S. Callisto, da considerarsi alla stregua d'un pozzo secondario, ha una profondità di m 145 tra il livello XXII ed il livello Intermedio Mili ed è equipaggiato d'un modesto argano a due tamburi cilindrici, mosso da un motore da 47 CV che assicura una velocità di traslazione di 3 m/sec. Per contro il Pozzo Garibaldi è molto più profondo (400 m), raggiungendo il livello più basso della miniera. Esso è equipaggiato da un argano Pomini-Castellanza, a doppio cilindro mosso da un motore elettrico da 245 CV che permette una velocità di traslazione di 6,5 m/sec. La capacità globale di estrazione per turno di lavoro e per i due pozzi è di circa 500-550 t ovvero circa 1.000-1.100 t/giorno, poiché il terzo turno è riservato all'approvvigionamento del materiale. Le ricette di superficie e in sotterraneo del Pozzo Garibaldi sono meccanizzate, mentre quelle del Pozzo S. Callisto sono ad ingabbiamento manuale. È evidente, nel complesso, la maggior cura posta all'attrezzatura del Pozzo Garibaldi che svolge funzioni di pozzo principale di estrazione.

Le gallerie di carreggio, tracciate ogni 25 m ma utilizzate sempre di più a livelli alterni per aumentale quando possibile la capacità dei fornelli di gettito, hanno una sezione di 8 m^2 e generalmente sono rivestite con blocchetti di calcestruzzo vibrato e rinforzo all'estradosso, realizzato da iniezioni di cemento. Altri tipi d'armamento (Tousaints, legname) sono sporadici e comunque in fase di progressivo abbandono per la loro precarietà di fronte alle spinte dei terreni. In esse transitano treni composti da 15 vagoni, trainati da locomotori a batterie da 10 CV, salvo il caso particolare d'un carreggio principale tra i due pozzi, ove è stato introdotto un locomotore diesel da 23 CV al quale è affidato un traffico decisamente più intenso. Lo scavo delle gallerie non offre particolare difficoltà di perforazione; esso richiede tuttavia particolare cura per l'armamento (terreni spingenti) e obbliga soprattutto ad una energica ventilazione. L'installazione d'uno scambiatore di calore acqua-aria, in prossimità del fronte di scavo sistemato alla estremità della tubazione di ventilazione, contribuisce a mantenere la temperatura del posto di lavoro attorno ai 28-30°. L'acqua non è refrigerata, ma ogni cura è posta al problema, ricorrendo anche a tubazioni isolate termicamente per l'adduzione dell'aria di ventilazione, mossa da ventilatori elettrici tubolari Berry da 4 o 7 CV.

La miniera è divisa in 4 circuiti di ventilazione con quattro entrate d'aria (Pozzo Garibaldi, Pozzo S. Callisto, Pozzo Italia, livello VIII) e quattro riflussi, equipaggiati da ventilatori per una portata globale di 7.500 m^3/m', che assicurano un ottimo ricambio d'aria in tutti i cantieri di lavoro.

All'esterno è sistemata la centrale di compressione equipaggiata da 3 compressori LNC/2 Nuovo Pignone da 3.300 m^3/h, da 3 compressori Atlas ER8 da 3.700 m^3/h ciascuno, e da un un raffreddatore Breda da 1.200.000 kcal/h.

Metodo di coltivazione

Nell'ultimo quinquennio, nell'ambito d'un progrmma d'ammodernamento della miniera e di riorganizzazione della sua struttura operativa, si è dato inizio al cambiamento del metodo di coltivazione con abbandono progressivo, là dove possibile, del metodo per trance montanti con ripiena sciolta e l'adozione di quello per trance discendenti con ripiena cementata.

Quanti hanno dimestichezza con i problemi di coltivazione conoscono le difficoltà e le incertezze che la decisione d'un cambiamento del metodo comporta. Da un lato deve esservi la certezza d'essere giunti

al limite delle possibilità del metodo in uso e quindi la persuasione che non sia possibile progredire a meno d'un radicale cambiamento; dall'altro lato però si corre il rischio di non aver previsto tutte le ripercussioni che il cambiamento comporta e quindi di trovarsi impelagati in una serie di complicazioni con risultati finali negativi.

Nel caso specifico la società stava portando avanti una serie di cambiamenti agli impianti esterni con difficoltà di stoccaggio intermedio del minerale, per cui eventuali perturbazioni al ritmo d'estrazione, causate da irregolarità nei cantieri di coltivazione, avrebbero ulteriormente esaltato le difficoltà della messa a punto dell'installazione di superficie. Forse sarebbe stato più prudente scalare nel tempo le due iniziative e certamente questa sarebbe stata la via da scegliere in condizioni di mercato normali, ma la situazione economica del mercurio si era talmente degradata che fu giocoforza stringere i tempi e superare con la forza dell'entusiasmo queste preclusioni.

Il vecchio metodo delle trance montanti e ripiena pneumatica era in uso nella miniera d'Abbadia San Salvatore da alcuni decenni. Un altro metodo (sublevel caving) aveva fatto la sua apparizione per un breve tempo in una parte limitata del giacimento, ma la sua applicazione si era dimostrata un insuccesso per indubbi errori di valutazione. Attraverso gli anni la tecnica delle trance montanti s'era affinata, con l' introduzione di autopale Atlas Copco T2GH ed una maggiore sistematicità degli scavi e razionalizzazione dei servizi. Tuttavia gli incrementi di produttività ancora realizzabili erano insignificanti, permanendo l' impossibilità d'aumentare la sezione degli scavi a causa della natura spingente dei terreni. Inoltre non avevano potuto trovare adeguate soluzioni alcuni grossi inconvenienti:

1) perdita di minerale, malgrado la ripresa di circa 20 cm di ripiena al piede delle trance prima della successiva fase di ripiena;

2) elevate spese di manutenzione dei collettori e delle trance stesse con difficoltà di trovare legname idoneo;

3) polverosità dei cantieri determinata dal ripetuto passaggio delle autopale sul breccino calcareo che era utilizzato per la ripiena;

4) scarsa o quanto meno insufficiente ventilazione per la limitata dimensione delle aperture e conseguenti negative ripercussioni sulla temperatura e polverosità dei cantieri;

5) perdita d'ore lavorative per riduzione d'orario in applicazione a norme contrattuali che regolano il lavoro nei cantieri disagiati;

6) irregolarità di produzione per casuali ma non infrequenti frane nei cantieri;

7) moltiplicazione dei cantieri di coltivazione per necessità di produzione caratterizzati da scarsa capacità produttiva;

8) aumento dei servizi conseguenti al numero elevato dei cantieri;

9) movimenti, anche ampi, di terreni in prossimità dei cantieri di coltivazione con ripercussioni negative sulla stabilità dei pozzi e delle vie di carreggio e necessità quindi di costose manutenzioni oltre che di abbandono di stots di protezione;

10) movimenti di terreno anche in superficie con danni alle installazioni e alle case della stessa Abbadia S. Salvatore.

Per contro con l'adozione del metodo di coltivazione a trance discendenti con ripiena cementata ci si attendeva nell'ambito dei singoli cantieri:

1) l'aumento della produttività singola e della capacità di produzione di ciascun cantiere per la possibilità d'ampliare le sezioni di scavo e quindi d'adottare macchine di perforazione e di caricamento più potenti delle attuali;

2) l'eliminazione della diluzione del minerale e delle spese di manutenzione dei cantieri;

3) il miglioramento delle condizioni ambientali (temperatura, polverosità) e dell'infortunistica;

mentre nell'ambito del complesso della miniera i risultati prevedibili potevano essere:

1) la concentrazione dei servizi per la diminuzione del numero dei cantieri di coltivazione, almeno a parità di produzione;

2) l'eliminazione di costose manutenzioni alle vie di carreggio ed ai pozzi non più soggetti a fenomeni di subsidenza.

È pur vero che con il nuovo metodo alcuni inconvenienti si preannunciavano inevitabili. La diminuzione dei cantieri avrebbe senz'altro avuto conseguenze negative sulla regolarità di produzione, tanto sul piano quantitativo che qualitativo, essendo essa mediata su un numero limitato di punti d'apporto. I lavori di preparazione, soprattutto i fornelli di gettito, avrebbero dovuto essere eseguiti in sede preliminare e non contemporaneamente all'innalzamento del livello della ripiena, cosa questa piuttosto rischiosa vista l'incertezza e l'irregolarità della mineralizzazione che impedisce di delimitare con esattezza i pannelli di coltivazione. Infine il costo della ripiena sarebbe stato notevolmente più elevato come più elevato si preannunciava il consumo d'esplosivo.

Malgrado questi prevedibili inconvenienti la decisione venne presa di creare un cantiere pilota e fu scelto per questo esperimento il pannello deno-

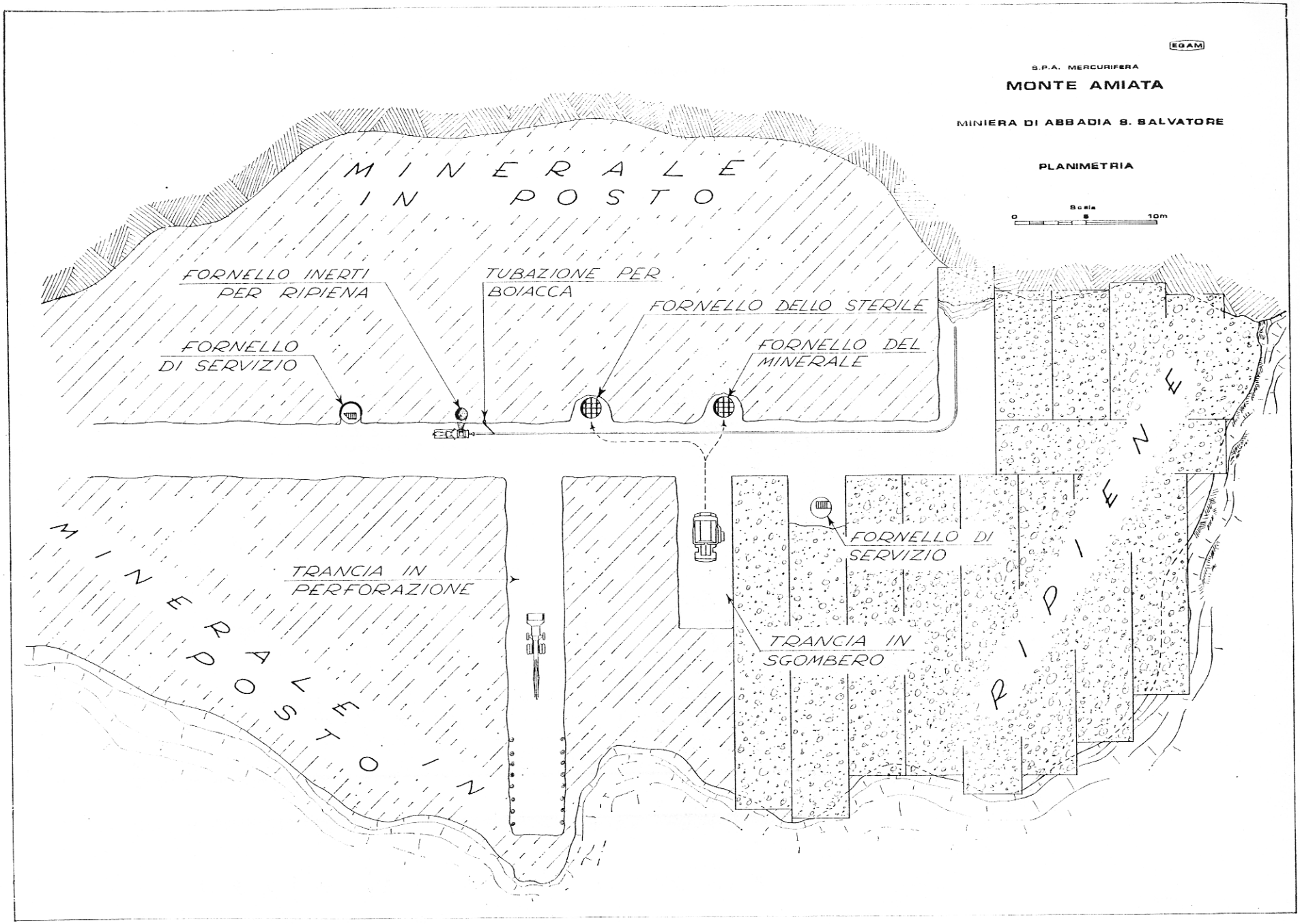

Fig. 3 — Planimetria zona NE - Liv. −25.

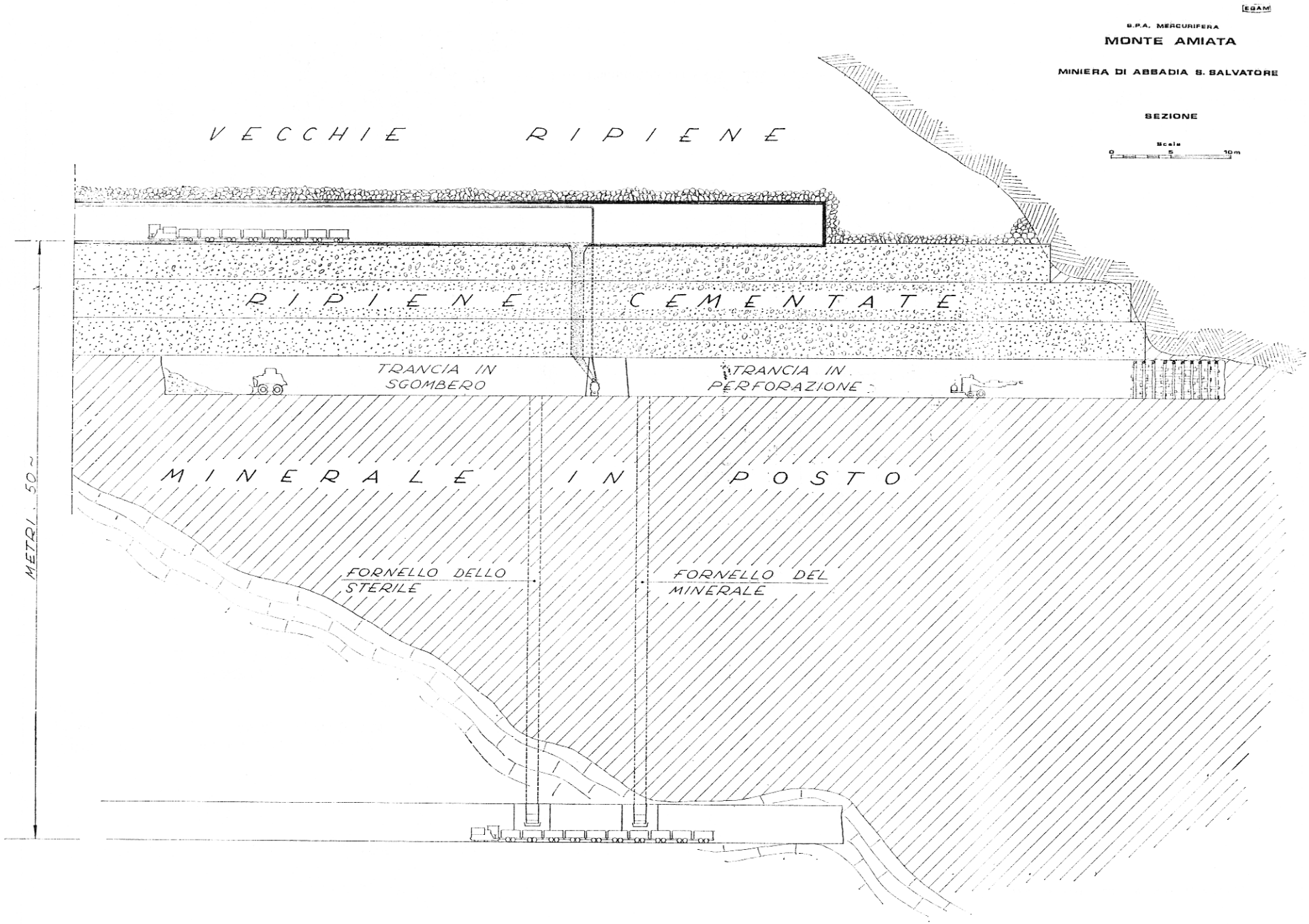

Fig. 4 — Sezione zona NE - Liv. —25.

minato: *Zona NS del livello* —25 che presentava le seguenti caratteristiche:

— altezza del pannello 25 m
— area del pannello 1.500 m² (30x50 m)
— tonnellaggio in vista 70.000 t
— tenore del minerale 0,5-0,6% Hg

Questa porzione di giacimento è ubicata a nord del Pozzo Garibaldi, cui fanno capo i servizi principali. La mineralizzazione interessa calcari fratturati, con riporti argilloso-sabbiosi e si presenta allungata con i calcari compatti (bancone) ad ovest e le argille verdi di copertura ad est (figg. 3 e 4). Il pannello era stato riconosciuto tanto al livello Serdini quanto al livello sottostante (livello —25) ed aveva quindi un'altezza di 25 m. Verso la fine del 1970, fu dato inizio ad un complesso di lavori preparatori:

a) tracciamento di una galleria di base al livello —50 per concentrare l'estrazione a questo livello;

b) scavo di due fornelli tra il livello Serdini e il livello —50 da utilizzare per il getto del minerale;

c) rettifica della galleria di testa per permettere il trasporto degli inerti approvvigionati dall'esterno, attraverso il fornello 271 che dista circa 200 m

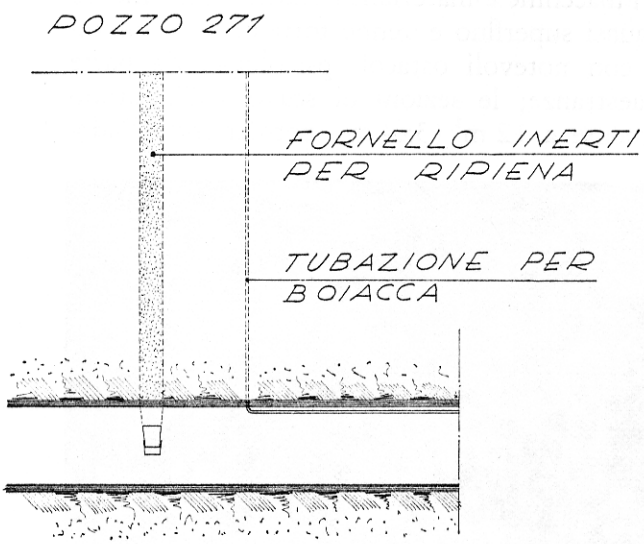

Fig. 5.

dalla porzione di giacimento in progettata coltivazione (fig. 5);

d) foro di sonda dall'esterno (160 m) da 3" per l'approvvigionamento della boiacca in zona;

e) costruzione d'un impianto esterno per la preparazione della boiacca in corrispondenza del foro di sonda all'uopo scavato.

Ultimati i lavori preparatori si passò alla coltivazione propriamente detta.

Per la prima spianata non si ebbero difficoltà di nota e le modalità di spoglio del pannello non differirono da quelle già in uso con le trance montanti. Unico fatto nuovo fu l'utilizzo di un calcestruzzo magro (180 kg cemento per m³) come ripiena. Il lancio nelle trance da riempire del materiale era fatto ricorrendo a trasportatori pneumatici MIDEC da 250-350 l di capacità (7-8 m³ di potenzialità oraria). Questi trasportatori si presentano come dei grossi contenitori che ricevono il calcestruzzo nella loro parte alta e che proiettano lo stesso dalla loro parte bassa, utilizzando un getto di aria compressa. Un sistema di tubazioni permette di convogliare il getto di calcestruzzo all'interno della trancia da riempire; per contro l'approvvigionamento degli inerti e della boiacca avviene semplicemente per caduta, direttamente sulla bocca di questi trasportatori pneumatici MIDEC senza alcuni rimescolamento preventivo. Sul suolo della trancia da riempire veniva stesa preventivamente una rete con tondino da ∅ 3 mm e maglie da 80x80 mm, tenuta in posto da una intelaiatura in legno, onde armare il calcestruzzo gettato (fig. 6). Qualche difficoltà sorse per il contenuto in acqua degli inerti che diluiva eccessivamente il calcestruzzo, rendendone difficoltosa la messa in posto. Fu gioco forza avvalersi di paratie mobili o recuperabili che sbarravano in larghezza le trance da riempire, per contenere la massa fluida che altrimenti si sarebbe adagiata con un piccolo angolo di scarpata, rendendo difficoltoso il transito del personale addetto alla sistemazione e al ricupero delle tubazioni che convogliavano la ripiena. Altre difficoltà sorsero nel dosaggio del cemento nella boiacca. Difatti da una parte occorreva mantenere una certa fluidità per assicurare un trasporto nelle tubazioni

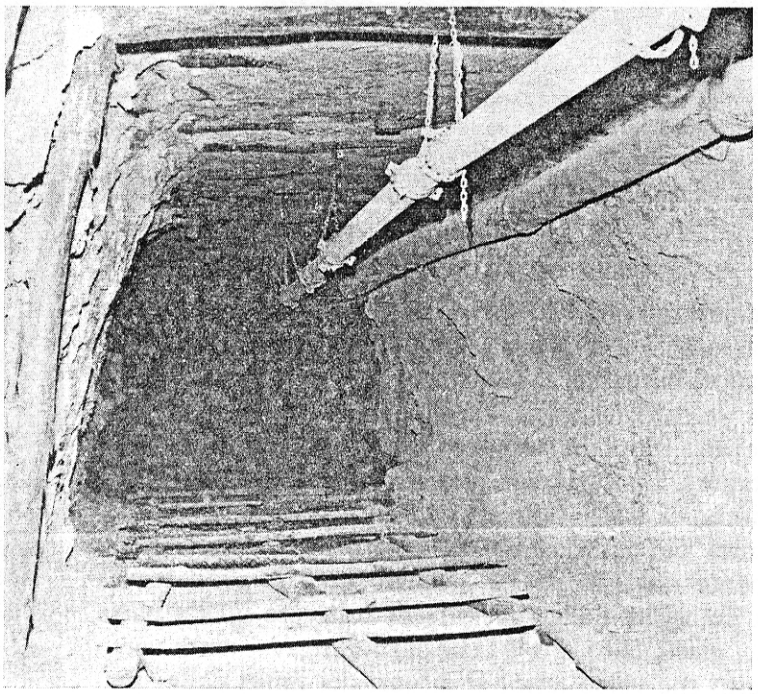

Fig. 6 — Trancia preparata per la ripiena.

senza intasamenti, dall'altra parte se la fluidità diventava eccessiva, il contenuto in cemento s'abbassava togliendo consistenza al calcestruzzo impastato. In effetti un maggior controllo da parte dell'operatore, addetto all'impianto esterno, fece superare l'inconveniente.

L'esperienza acquisita durante la coltivazione della prima spianata del pannello NE livello −25, permise di progettare la coltivazione della seconda spianata con elementi direttamente acquisiti. Un primo passo fu l'ampliamento della sezione di scavo che passò da 7 m^2 a 9 m^2, pur mantenendo le armature poiché le ripiene soprastanti mostravano indubbi cenni di movimento, forse dovuti alle occasionali imperfezioni dell'impasto cementizio usato. La maggiore dimensione delle trance spinse all'adozione di autopale più capaci (Atlas Copco Cavo 310) che andarono a sostituire le vecchie Atlas Copco T2GH, una delle quali tuttavia fu trasformata eliminando la benna e montando un braccio d'avanzamento per Jumbo con una perforatrice Atlas Copco BBC 100B (fig. 7). Contemporaneamente venne modificata l'or-

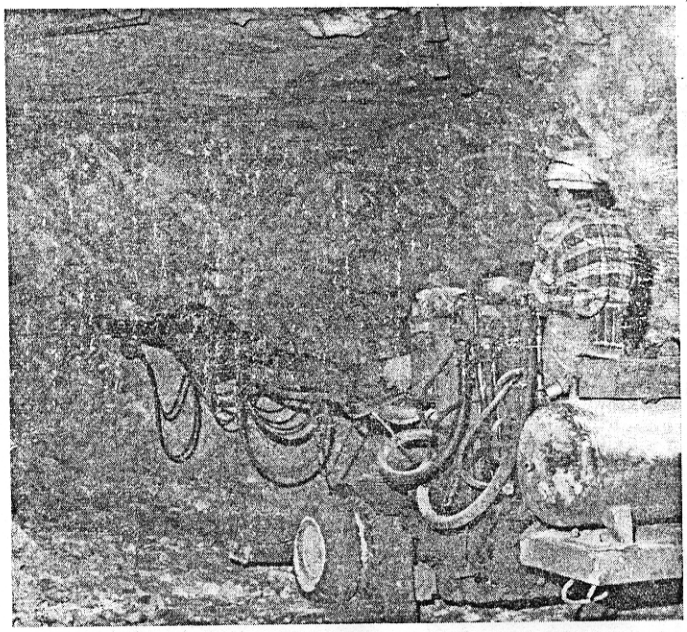

Fig. 7 — Jumbo da T2GH.

ganizzazione del lavoro e la squadra di coltivazione passò da 3 a 4 operai (1 palista, 1 perforatore, 2 armatori-minatori, quest'ultimi soprattutto impegnati per le coltivazioni delle parti di pannello che s'estendevano fuori della copertura del calcestruzzo soprastante). La capacità di produzione passò da 60 t/giorno a 110 t/giorno con lievitazione contemporanea dei rendimenti di circa il 37%. Sfortunatamente una più decisa evoluzione della produttività fu impedita dalla necessità di coltivare quella parte del giacimento (20%) che si prolungava, tanto verso tetto che verso letto, al difuori dei limiti della spianata soprastante, costringendo pertanto a restringere le dimensioni dello scavo ed a ricorrere all'abituale fitto armamento con ripercussioni negative sui rendimenti globali. Peraltro queste estensioni caratterizzarono tutta la spianata che risultò molto più ampia del previsto, raggiungendo 2.400 m^2 contro i 1.500 m^2 della prima spianata. Nel corso di questa seconda spianata alcuni inconvenienti però erano sorti. Primo fra tutti, l'impossibilità per i ripienisti di seguire il ritmo della coltivazione per le limitate prestazioni dei trasportatori pneumatici MIDEC. Un primo tentativo di utilizzare un trasportatore MIDEC di maggiori dimensioni (500 l) non diede risultati apprezzabili. Fu deciso allora d'adottare una ripienatrice pneumatica Brieden da 30 m^3/ora con consumi piuttosto elevati d'aria compressa: 4.000 Nm^3/ora. Un altro inconveniente che sorse, nel corso della coltivazione della seconda spianata, fu la difficoltà della messa in opera del legname e degli sporadici bulloni di tetto, entrambi utilizzati in corrispondenza di discontinuità del tetto delle trance. A questo scopo venne costruita una piattaforma elevatrice, montata su un carrello, dalla quale s'ottennero dei miglioramenti anche se la realizzazione dimostrò dei limiti, probabilmente superabili allorché ne verranno costruiti altri esemplari.

La terza spianata evidentemente usufruì dei progressi tecnici realizzati e del migliore equipaggiamento in macchine e materiali. Peraltro l'armamento risultò quasi superfluo e venne fortemente diminuito, pur con notevoli ostacoli psicologici da parte delle maestranze; le sezioni di scavo s'allargarono ulteriormente a 12 m^2 (3x4 m), permettendo l'ado-

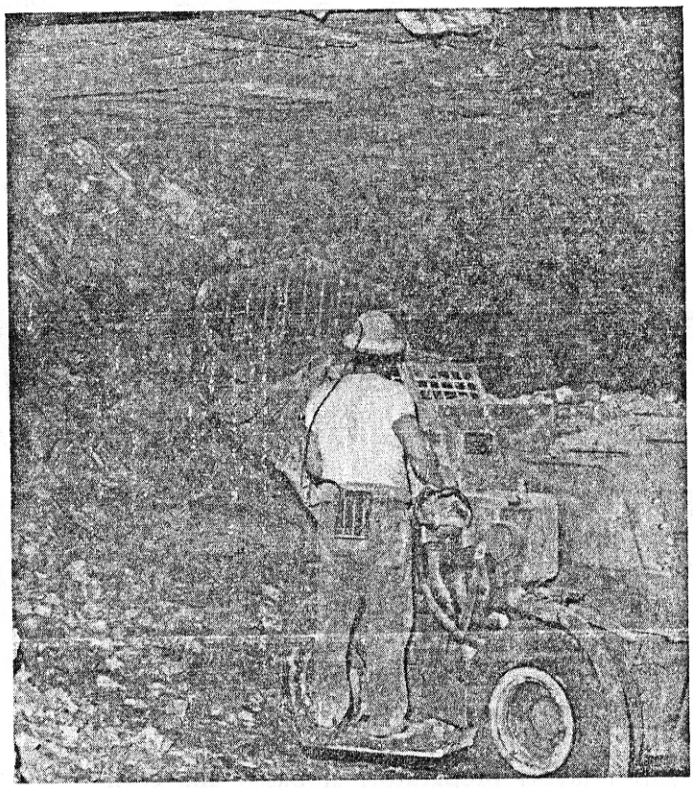

Fig. 8 — Autopala Cavo 511.

zione di autopale Atlas Copco Cavo 511 (fig. 8), salvo beninteso per le sfrangiature perimetrali ove fu gioco forza limitare le aperture e quindi adottare le più piccole Cavo 310. Anche i servizi fecero dei passi in avanti con la costruzione di una rampa per il passaggio da una spianata all'altra, particolarmente utile al momento della preparazione della spianata sottostante per il transito dei mezzi. Ancora una volta la produttività fece un balzo in avanti ed i rendimenti s'incrementarono. Complessivamente le 3 spianate avevano dati i risultati illustrati nella tabella 1.

Tabella 1

	t sotto cemento	t fuori cemento	t totali	Rend. tot. t/U	Esplos. g/t	Legname m^3/t
1ª spianata	—	12.973	12.973	3,929	336	0,011
2ª spianata	22.052	14.702	36.754	4,854	339	0,010
3ª spianata	31.618	8.405	40.023	5,981	395	0,008

In termini di costo, a parte gli ovvi miglioramenti legati all'incremento dei rendimenti di scavo che evidentemente avevano inciso sui costi del minerale, il dato più rilevante fu che il maggiorato costo della ripiena per effetto del cemento (circa 14.000 lire/m^3) fu ampiamente assorbito dalla scomparsa o quasi delle spese di manutenzione delle trance. Inoltre i consumi di legname che mediamente erano di 0.020 m^3/t per le trance montanti, si riodussero a 0,004 m^3/t per le trance discendenti. Il valore di 0,008 m^3/t indicato in tabella rappresenta un valore medio del consumo di tutta la spianata, comprensiva dunque anche delle coltivazioni fuori cemento.

Oramai appariva evidente che l'esperimento si avviava a felice conclusione. Fu quindi deciso di estendere il nuovo metodo all'intera miniera. A questo fine venne esperito un accurato esame dei cantieri in coltivazione allo scopo di valutare quali di essi avrebbero potuto essere trasformati, in una visione di concentrazione dell'attività estrattiva. Per i cantieri che non si prestavano al cambiamento sia per la loro ubicazione e sia per la limitatezza delle loro consistenze di minerale, fu deciso di accelerare le operazioni di spoglio; per gli altri invece si diede inizio alla costruzione delle infrastrutture di cui essi abbisognavano per realizzare il cambiamento: impianti di betonaggio, fornelli d'adduzione della boiacca e degli inerti, miglioramenti dei fornelli di gettito ecc. Questa seconda fase si è conclusa con l'inizio dell'anno 1976 e nonostante che la maggior parte dei nuovi cantieri sia ancora in una fase transitoria, ad eccezione del cantiere NE del livello —25, i risultati sono interessanti e gli inconvenienti temuti minori del previsto.

I cantieri a ripiena cementata sono stati progressivamente equipaggiati in jumbi di perforazione, adottando un braccio munito di perforatrice Atlas Copco BBC 100B al telaio delle T2GH trasformate, di autopale Atlas Copco 310 e 511 come pure di macchine continue da ripiena Brieden da 30 m^3/ora. In corrispondenza di ciascun singolo cantiere o gruppo di cantieri sono stati perforati sondaggi ∅ 400 millimetri per l'introduzione degli inerti dalla superficie e predisposti sondaggi ∅ 3" per l'approvvigionamento della boiacca dagli impianti esterni di preparazione della stessa. La sezione di scavo delle trance è stata aumentata a 12-14 m^2, mantenendo la stessa tecnica di spoglio con un collettore, in comunicazione coi livelli di carreggio attraverso fornelli, ed una serie di trance affiancate. L'armamento si è molto ridotto. Gli unici inconvenienti, tuttavia di un certo peso, che sono comparsi nel corso dell'applicazione del nuovo metodo e che difficilmente saranno eliminabili limitandone i risultati, sono stati:

1) abbandono della selettività di coltivazione, estremamente importante per l' irregolarità della mineralizzazione del giacimento in esame e per l'impossibilità di combattere la diluzione del minerale attraverso un arricchimento esterno, comunque economicamente non giustificabile. Questo fatto ha richiesto l'abbattimento di zone sterili, comprese o incluse in zone mineralizzate, e la creazione di un circuito d'estrazione per lo sterile (20% del minerale);

2) impossibilità d'estendere la tecnica e l'attrezzatura d'abbattimento e di trasporto a tutta l'area della spianata, in quanto le zone perimetrali coltivabili, molto frastagliate per l'irregolarità del tetto geologico o per l'irregolarità di mineralizzazione, non sempre cadono esattamente nei limiti della spianata soprastante, per cui spesso devono procedere in vergine senza una copertura di calcestruzzo. Ne consegue la necessità per questa parte (10-15% dell'area di tutta la spianata) d'un ritorno ad abbattimento più limitativo della superficie di scavo, con l'adozione d'armamento provvisorio ed attrezzatura diversa di quella adottata per il resto dell'area. Ovviamente i ritmi vengono modificati e i risultati influenzati negativamente.

La successione e la progressione dei lavori in tutta la miniera può adeguatamente essere illustrata dalla tabella 2, in cui i dati comparativi sono riferiti all'ultimo quinquennio, con il 1970 quale punto di riferimento in quanto quello fu l'ultimo anno in cui tutte le coltivazioni furono ancora realizzate per trance montanti.

Impianti di betonaggio

Occorreva affrontare e risolvere il problema di alimentare i cantieri con calcestruzzo, da utilizzare

TABELLA 2

	N. cant.	t/giorno totali	Rend.(1) t/U	Rend.(2) t/U	Legn. m^3/t	Esplos. g/t
1970	19	843	1,98	3,70	0,020	225
1971	21	853	2,04	3,88	0,019	244
1972	27	807	2,06	3,76	0,023	283
1973	20	750	2,21	4,29	0,020	335
1974	16	746	2,49	4,98	0,018	339
1975	14	767	2,74	5,28	0,016	327
1976 (1° trim.)	8	902	3,28	6,17	0,010	301

(1) A bocca pozzo con esclusione delle ricerche, ma comprensivi dei lavori di coltivazione, servizi e preparazioni ed espressi in tonnellate secche.
(2) In cantieri di coltivazioni, comprensivi di tutto ed espressi in tonnellate secche.

come ripiena, di una qualità costante ed uniforme. Dopo una serie di prove e studi, molti dei quali condotti nel primo cantiere trasformato (livello −25 zona NE), si convenne di rinunciare alla formazione della boiacca in sotterraneo, ritenendo difficoltosa e fonte di contestazini sindacali (polverosità) la distribuzione del cemento secco nei vari impianti che si sarebbero dovuti creare nel sottosuolo in prossimità dei cantieri, ma di impostare la soluzione su impianti esterni con distribuzione del cemento già mischiato ad acqua, attraverso sondaggi e tubazioni orizzontali di livello. Eventualmente stazioni di pompaggio interno avrebbero potuto convogliare la boiacca e distribuirla tra più cantieri, se essi sorgevano in prossimità l'uno dall'altro.

Gli inerti avrebbero dovuto essere approvvigionati da cave di fiume. Successivamente parte di questo materiale avrebbe potuto provenire da un impianto di vagliatura e frantumazione del materiale grossolano >35 mm scartato dai forni (vedi capitolo seguente). Il cemento avrebbe potuto essere stoccato in sili di ferro, eventualmente in coppia per facilitare il rifornimento, e miscelato con l'acqua utilizzando dosatori, spruzzatori e coclee impastatrici. L'addetto a questi impianti, peraltro in comunicazione telefonica continua con i cantieri in ripiena, avrebbe controllato il corretto dosaggio cemento-acqua con un densimetro e provveduto al lavaggio delle tubazioni di distribuzione prima e dopo ogni ciclo di lavorazione. La distribuzione della boiacca avrebbe avuto luogo usando prevalente tubazioni di Fertene da 2".

Secondo queste direttive cinque impianti sono stati costruiti e il loro funzionamento prosegue regolarmente (fig. 9). Si evidenzia l'importanza del controllo delle caratteristiche della boiacca onde evitare intasamenti all'interno delle tubazioni, perché troppo ricca in cemento, o calcestruzzo incoerente per scarsità di legante. Da qui l'utilità del collegamento telefonico interno-esterno durante le operazioni di ripiena.

Impianto di trattamento

La metallurgia del mercurio si basa sull'arrostimento del cinabro in ambiente ossidante secondo la reazione seguente:

$$HgS + O_2 \longrightarrow Hg + SO_2$$

nella quale l'ossigeno è dato generalmente dall'aria atmosferica. In effetti il cinabro racchiuso nel minerale frantumato sublima dapprima nell'ambito delle temperature del forni di torrefazione (700-800°) e quindi si ossida secondo la reazione sopra indicata. Un successivo raffreddamento del mercurio oramai allo stato di vapore, permette la formazione di mercurio liquido ed il suo ricupero per i fini industrilai a cui è destinato.

Gli elementi essenziali quindi d'un impianto per il trattamento di minerale cinabrifero sono rappresentati dal forno o dai forni e dalle installazioni necessarie per il ricupero dei vapori e loro successiva condensazione. Ovviamente il minerale per essere

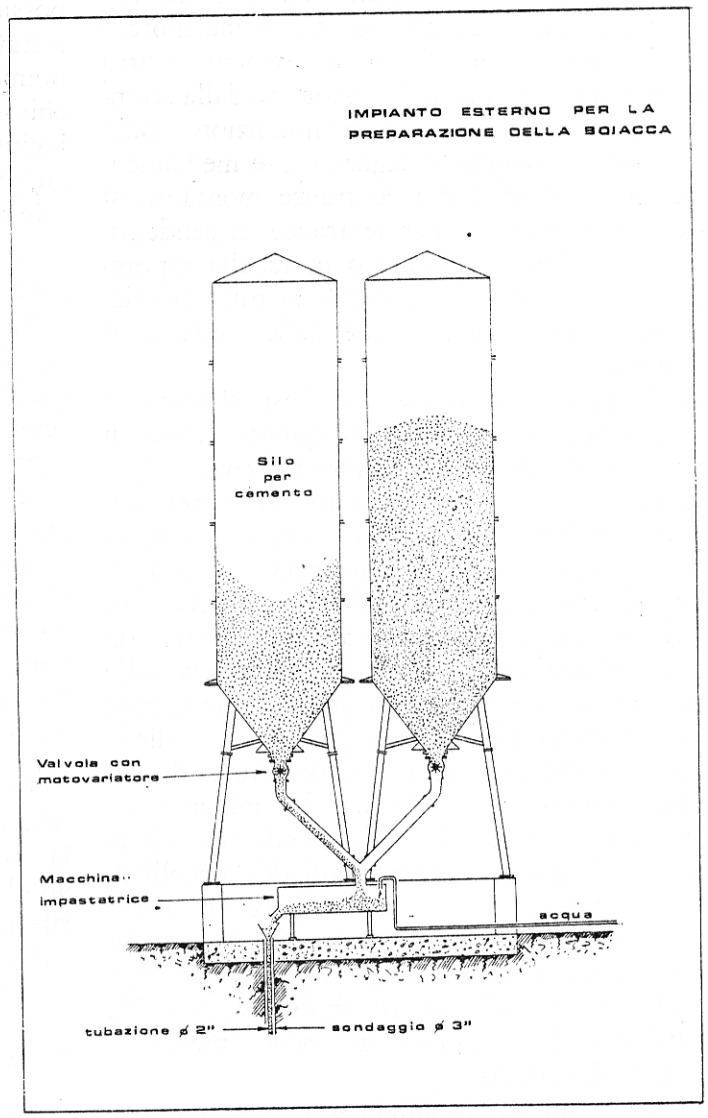

Fig. 9 — Impianto di betonaggio.

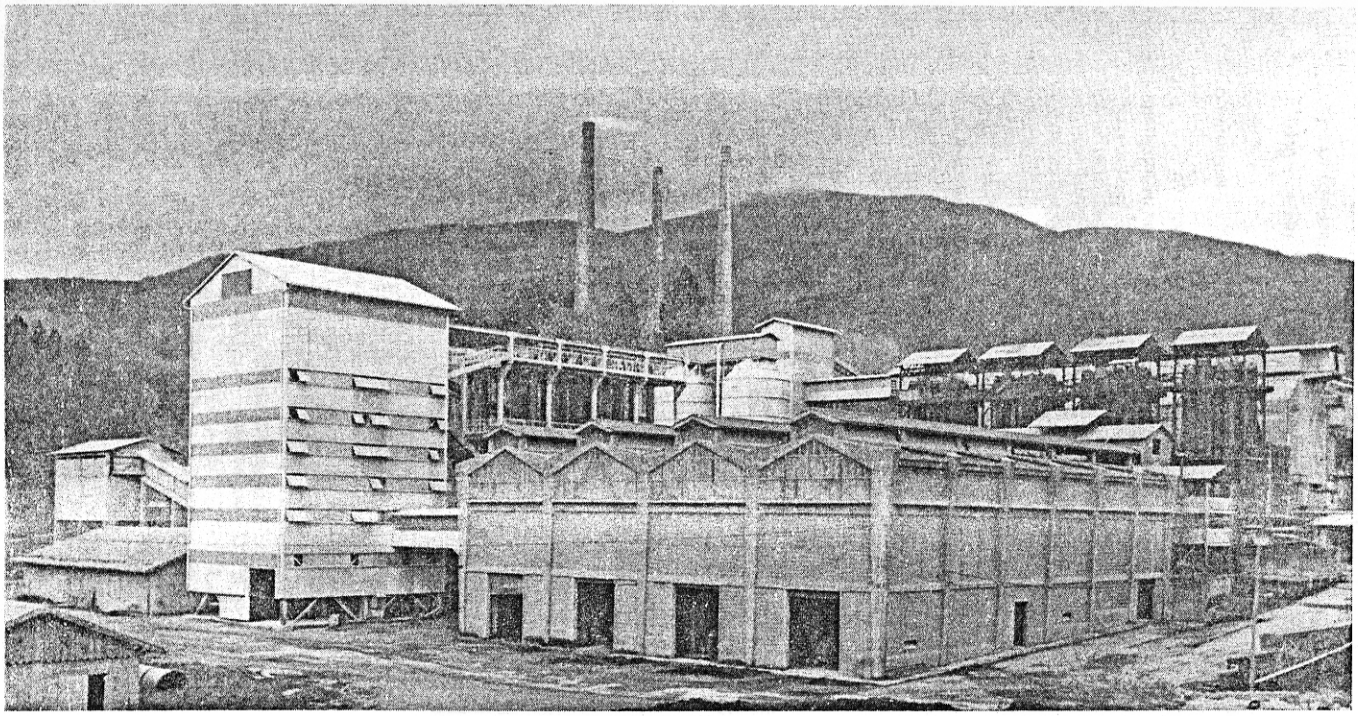

Fig. 10 — Panorama dello stabilimento di Abbadia San Salvatore (Forni Gould ed Herreschoff).

introdotto nei forni deve ricevere preliminarmente una opportuna preparazione specifica a seconda del tipo di forno adottato.

Ad Abbadia S. Salvatore è accentrato il trattamento del minerale di tutte le miniere della società (fig. 10). Le miniere di Monte Civitella, Morone e Bagnore avviano il loro minerale a questo stabilimento metallurgico dopo averlo preventivamente frantumato a < 50 mm. La produzione di Bagni S. Filippo è frantumata invece ad Abbadia S. Salvatore stessa, contemporaneamente a quella di quest'ultima miniera, utilizzando un impianto di frantumazione, posto nelle immediate prossimità del pozzo d'estrazione Garibaldi e costituito da un trommel vagliatore e da un frantumatore a martelli Wedag tipo AP 2728/027.

Poiché l'umidità media del minerale frantumato (< 50 mm) supera il 9-10%, umidità peraltro troppo elevata per l'avvio diretto ai forni, un impianto d'essiccamento, comprendente quattro asciugatoi rotativi da 25 t/ora, che funzionano quasi esclusivamente con aria calda ricuperata dai raffreddatori Fuller dei forni Gould, è intercalato nel ciclo prima della torrefazione. Il minerale, dopo la riduzione del tasso d'umidità a 3-3,5%, passa successivamente ad un impianto di vagliatura a due tele (35 e 10 mm). Le tre classi granulometriche subiscono tre trattamenti diversi:

1) *> 35 mm.* Viene scartato perché sterile o comunque con tenori troppo bassi per un suo ulteriore trattamento metallurgico. Tuttavia, poiché contiene appiccicato materiale finissimo ancora mineralizzato, un impianto separato provvede al ricupero del fino mediante energico scuotimento all'interno d'un tamburo rotante. Il fino è riciclato nell'impianto di pellettizzazione, mentre la grossa pezzatura alimenta un frantumatore che prepara gli inerti da utilizzare in sotterraneo per la ripiena (40% del fabbisogno totale).

2) *10-35 mm.* Alimenta, dopo passaggio in sili equilibratori di portata, 4 forni orizzontali rotativi Gould da 150 t/g cadauno. Le loro caratteristiche sono ∅ 1.600, lunghezza 27.000 mm, velocità di rotazione 1 giro/minuto. Essi funzionano in depressione, per ovvie motivazioni di salubrità d'ambiente, ad una temperatura media costante di 750° con bruciatori a nafta piazzati in corrispondenza del punto basso del forno, in prossimità dunque dello scarico delle scorie.

3) *0-10 mm.* Alimenta, dopo passaggio attraverso due sili regolatori di portata, un forno tipo Herreshoff, anch' esso in depressione, a otto suole, ∅ 6.780 mm, altezza 10.290 mm ed una capacità di trattamento di 200 t/g.

Le scorie esaurite (tenore medio 0,005% Hg), dopo essere state raffreddate con raffreddatori (Fuller) ad aria in contro corrente nei Gould oppure con scambiatori di calore acqua-solido nel forno verticale Herreshoff, sono successivamente avviate alle discariche. Per contro, i fumi caldi contenenti i vapori di mercurio, raccolti in testa ai forni, vengono dapprima depurati delle polveri, utilizzando cicloni Collectron a doppio effetto, e quindi raffreddate a

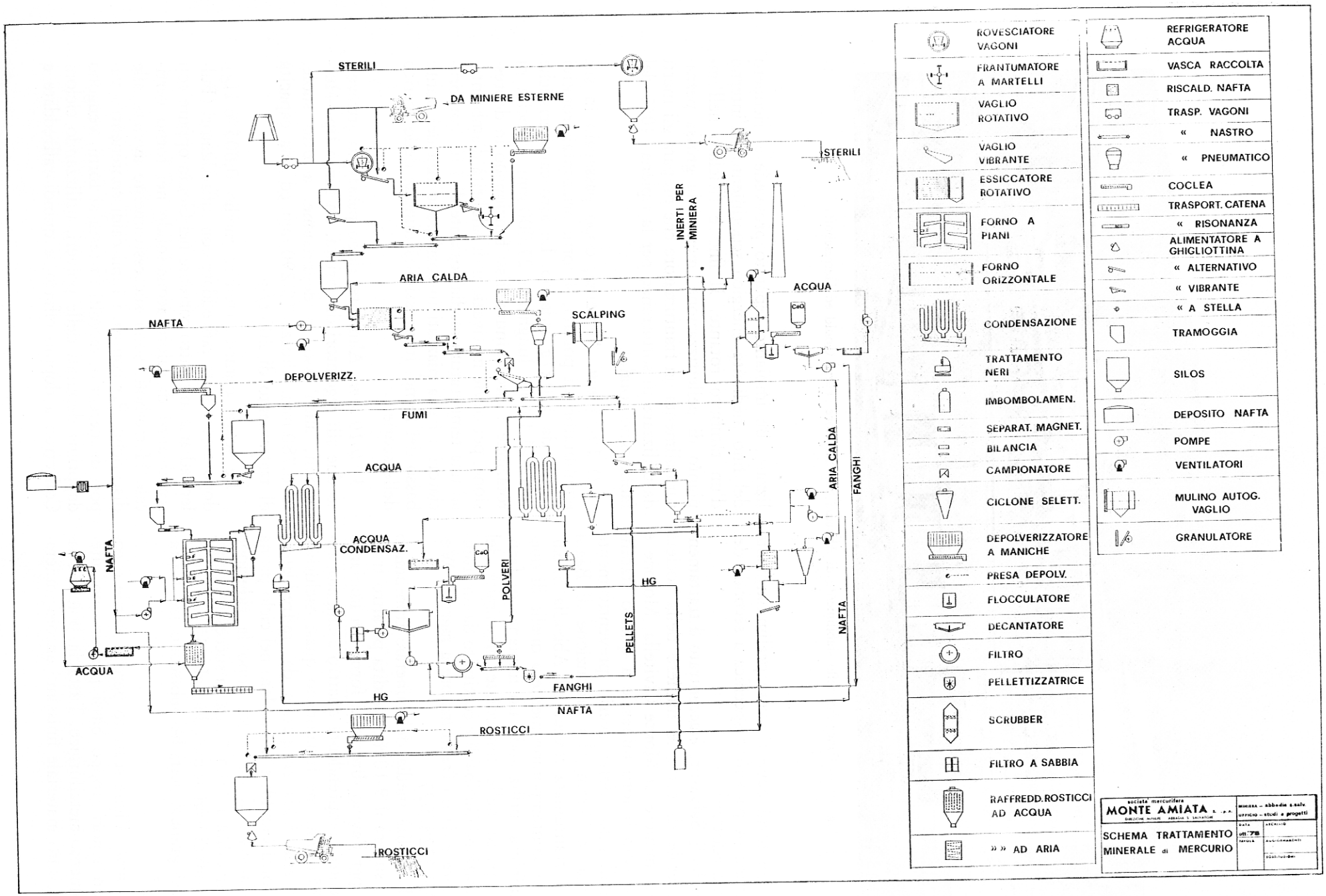

Fig. 11 — Flow-scheet dello stabilimento.

circa 40° prima di essere scaricati nell'atmosfera. Per il raffreddamento viene utilizzato un impianto di condensazione costituito, per ciascun forno Gould, da 160 m di tubazione di ghisa ∅ 400 mm, per la zona di temperatura compresa tra 250° e 100°, seguiti da 340 m di tubazione in Moplen per le temperature più basse. Analoga installazione esiste per il forno Herreshoff. Finalizzato a scopi ecologici è in corso di costruzione un ulteriore stadio depurativo che utilizza uno Scrubber, prima dell'emissione dei fumi esausti nell'atmosfera.

Le goccioline di mercurio, fermatesi sulle pareti delle tubazioni di condensazione nel corso del raffreddamento dei fumi caldi, vengono trascinate verso il basso da un impianto automatico di lavaggio e raccolte in bacini sottostanti le condensazioni stesse. Quotidianamente il mercurio, ancora frammisto a fanghi, viene prelevato e trattato da impastatrici rotative in ambiente alcalino, ottenuto aggiungendo calce semidrata. Per effetto della mutata tensione superficiale le goccioline di mercurio, prima disperse, si riuniscono e il metallo si raccoglie, alimentando un impianto d'imbombolamento, dove è racchiuso in contenitori (bombole) dal contenuto netto di 34,5 kg di mercurio. Le acque di lavaggio, che hanno ceduto il mercurio trascinato, vengono avviate, prima del loro scarico nel torrente Paglia, ad un impianto di depurazione finale. Quest'ultimo consta d'un agitatore per l'*alcalinizzatore* con calce delle acque, già acide e ferrose per la continua corrosione dei tubi di condensazione, da un *addensatore* Dorr ∅ 8 m per la separazione dei flocculi di idrossido di ferro formatisi durante il cambiamento del pH dell'acqua, da un *filtro* a sabbia Eimco SVG 6'x x15' per la filtrazione delle acque residue, oramai prive di mercuro metallico, precipitato con i flocculi di idrossido di ferro. Sono in corso esperienze per un terzo stadio di depurazione utilizzando resine scambiatrici di ioni e carbone attivo.

I flocculi di idrossido ferro, d'aspetto fangoso e contenenti mercurio, sono utilizzati in un impianto di pellettizzazione per il trattamento delle polveri, raccolte dai vari aspiratori e filtri nel corso del processo, che vengono poi riciclate nei forni Gould.

A titolo orientativo segnaliamo che l' impianto consuma 30 kg di olio combustibile per tonnellata di minerale trattata (essiccamento compreso) e che la resa metallurgica oscilla tra 96,5% per i forni Gould e 97,5% per il forno Herreshoff.

Il metallo prodotto ha un contenuto di 99,99% Hg. Per alcuni usi particolari la purezza può essere spinta a 99,995% Hg.

L' impianto ha una capacità di trattamento di 800 t/giorno su tre turni. Esso è in funzione 7 giorni/settimana per 11 mesi dell'anno (fig. 11).

(Estratto dal fascicolo di settembre 1976, anno XXVII, della rassegna « L'Industria Mineraria »)

l'INDUSTRIA MINERARIA

MINIERE E CAVE - METALLURGIA - GEOLOGIA APPLICATA - FONTI DI ENERGIA

Mensile di tecnica economia e diritto

Dal gennaio 1968 al dicembre 1972 hanno collaborato con **NOTE ORIGINALI** i Signori:

ABBRUZZESE - ALFANI - ALFANO - ANSELMI - ANTOLINI - APRILE - AUDIBERT - BENVEGNU' - BONI - BORRUSO - BRANCA - BRIGHENTI - BRIGO - BRONDI - BRUSCA - CALZAMATTA - CAPUZZO - CARBINI - CARTA - CATALDI - CAVINATO - CESAREO - CIANCABILLA - CICCU - CONTI - CROCE - CUZZI - DALL'AGLIO - DEL FÀ - DESSAU - DI COLBERTALDO - DI FILIPPO - DOLZANI - DOMPE' - FEDERICO - FERRARA - FERRETTI - FOERSTER - FONTANIVE - FOREMAN - FRANCAVIGLIA - FRAZZOLI - GALATI - GECCHELE - GHIANI - GHIGI - GIARRATANA - GIORDANO - MANCINI - MARABINI - MARTELLI - MARTINO - MASPERONI - MARZOCCHI - MASSACCI - MICHELETTI - MONTEL - MORANDI - MURARA - MUSIO - NASCIMBEN - OMENETTO - OTTAVIANI - PANDOLFI - PARETINI - PERNA - REVELLO - RIBACCHI - RIBOLZI - RINELLI - RISTAGNO - ROLANDI - ROSSI - ROSSONI - SAMMARCO - SCICLI - SCIUTI - SCIUTO - SEVES - SIOTTO - SPADA - STORELLI - STRAPPA - TROIS - USONI - VIGHI - VITALI - WEST - ZUCCHETTI.

Le varie rubriche forniscono ampie informazioni sugli aspetti economici, tecnici e giuridici dell'industria mineraria italiana e mondiale:

nella rubrica **MINIERE E METALLURGIA IN PARLAMENTO, NELLE ASSEMBLEE REGIONALI E NELLE COMUNITÀ EUROPEE,** i lettori possono seguire le proposte di legge presentate al Parlamento, alle Assemblee Regionali e nei vari Organismi internazionali;

nella rubrica **NOTIZIARIO E STATISTICA** appaiono regolarmente le cifre della produzione e del commercio con l'estero di minerali e metalli dell'Italia; dati sulla produzione degli altri paesi del mondo, prezzi e altre condizioni di mercato e altre notizie (scoperte di giacimenti, applicazioni nuove nella coltivazione e nella preparazione, concorsi, congressi ecc.);

la rubrica **RASSEGNA DELLE RIVISTE** è dedicata prevalentemente ai problemi di carattere tecnico della ricerca, coltivazione, preparazione, trattamento minero-metallurgico delle risorse del sottosuolo, nonché a questioni di carattere economico;

nella rubrica **BIBLIOGRAFIA** vengono recensite pubblicazioni economiche e tecniche del ramo, italiane e straniere;

leggi, decreti e circolari ministeriali sono pubblicati nella rubrica **LEGISLAZIONE** che riporta pure i provvedimenti importanti emanati dalle Regioni, nonché gli estremi dei rilasci di permessi di ricerca e delle concessioni minerarie accordati dall'Amministrazione Centrale e da quelle Regionali;

sotto la rubrica **GIURISPRUDENZA** sono riprodotte e commentate le sentenze della Magistratura in materia mineraria;

Nella rubrica **SOCIETÀ INDUSTRIALI** si pubblicano le relazioni e i dati di bilancio delle Società minerarie e metallurgiche, italiane ed estere.

« L'Industria Mineraria » ha pubblicato, in propria edizione, le seguenti opere che sono disponibili e possono essere acquistate presso l'Amministrazione della Rivista:

— **Le Mine nei lavori minerari e civili,** di T. Seguiti, pp. 711+XXIV, figg. 387, 1969, L. 16.000;

— **Italia Mineraria,** di F. Squarzina, pp. 742, 1964, L. 6.500;

— **Legislazione, Giurisprudenza e Dottrina Mineraria e Petrolifera dal 1° luglio 1961 al 31 dicembre 1965,** di A. Montel, M. Sertorio, F.S. Guidi, pp. 444, 1966, L. 3.500;

— **Metodi di coltivazione nelle miniere metallifere,** di P. Audibert, pp. 291, figg. 101, 1965, in corso di ristampa.

Direttore: TULLIO QUATTROCIOCCHI

Direzione ed Amministrazione: Via Sardegna, 14 - 00187 ROMA

Abbonamento annuo: Italia Lit. 18.000, Estero Lit. 24.000; versare l'importo sul c/c postale 1/33044