

SUBSIDENZA NELL'AREA MINERARIA DI ACQUARESI

MARINI ALBERTO*, **MUNTONI FRANCESCO***,
SIFREDI DANIELA*, **SALVATORI ILIO****, **CONTINI ENRICO****,
SARRITZU ROBERTO**

*Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Cagliari

**IGEAs s.p.a, Interventi Geo Ambientali Iglesias

INTRODUZIONE

Con questo lavoro si è preso in esame l'area mineraria di Acquaresi, interessata negli anni compresi tra il 1991 ed il 2003 da evidenti fenomeni di subsidenza e conseguenti eventi franosi.

La valle di Acquaresi riscuote un notevole interesse dal punto di vista geomorfologico sia per la sua particolare posizione, parallela alla linea di costa, sia per gli interessanti aspetti tettonici.

Si è quindi ritenuto opportuno utilizzare, in collaborazione con il gruppo "**SJM Technologies**", un'immagine tridimensionale che permettesse un'analisi di dettaglio dell'area.

A 20 km da Iglesias e 70 km da Cagliari, lungo la fascia litoranea si trova il paese di Masua, ubicato nel bacino minerario dell'Iglesiente, in passato il maggior centro produttivo di piombo e zinco. Sito a 4 km a NNE di Masua si trova il cantiere di Acquaresi, che prende il nome dalla valle omonima (fig. 1). Il suo giacimento più importante è quello a solfuri di "Marx", interessato negli ultimi anni da ripetuti fenomeni di subsidenza e conseguenti eventi franosi.

L'importante mineralizzazione di Marx, che si allunga con direzione Nord Sud, è contenuta entro i calcari cambri, ed è limitata verso Ovest dal contatto con le formazioni scistose. E' sempre stato mantenuto un setto di roccia franca di almeno 10 metri di rispetto dal contatto con gli scisti



Fig.1 - Veduta aerea della valle di Acquaresi. Ad Est del bacino idrico è visibile la cavità imbutiforme apertasi il 27 Luglio 2003.

I lavori minerari che hanno interessato il giacimento Marx, risultano suddivisi in due porzioni: la zona Nord e la zona Sud. Si sviluppano in profondità per circa 400 metri, e

comprendono 4 pannelli di coltivazione sovrapposti. Nell'intorno del corpo minerario principale sono presenti altre mineralizzazioni a solfuri misti conosciute come Marx Nord e Marx Nord-Est, sfruttate con la creazione di vuoti continui, col metodo di coltivazione del "sub-level-stopping" (per sottolivelli fig.2), rispettivamente per 180.000 mc e 100.000 mc.

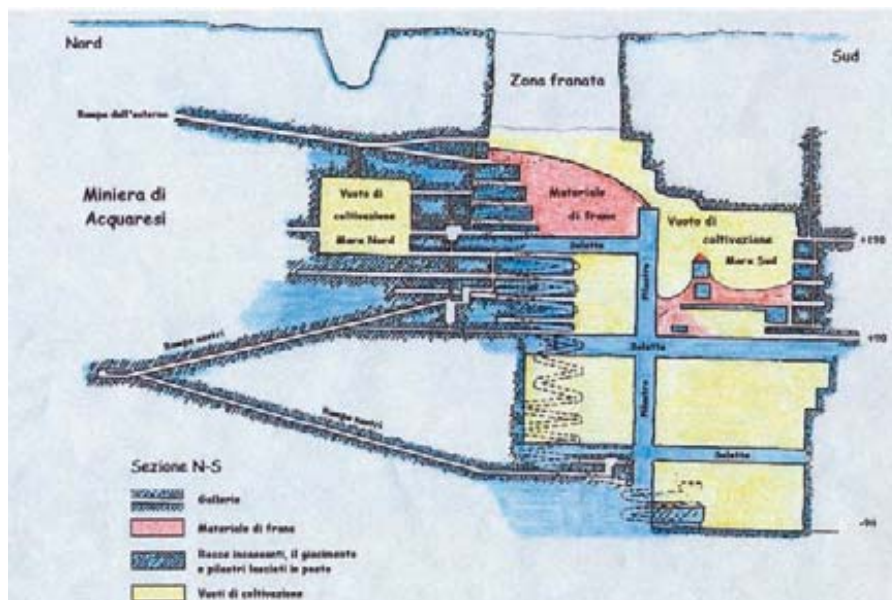


Fig 2 - Schema di coltivazione e dei crolli 1991-1998

Le coltivazioni del giacimento Marx e Marx Nord, hanno raggiunto verso l'alto quote prossime alla superficie, con copertura comprese tra i 40 ed 80 metri.

Nel settembre del 1991 nel vuoto di coltivazione del giacimento Marx Nord situato nell'area di contatto tra i calcari cambri e le formazioni scistose si verificò un fenomeno di subsidenza che originò una imponente frana (fig. 3) provocata dal cedimento delle formazioni scistose verso l'interno del "caving".

Nel giro di un paio di mesi il fenomeno franoso si stabilizzò, per collasso ulteriore degli scisti (fig. 4) e conseguente riempimento del vuoto minerario con stabilizzazione della zona di subsidenza.

Lo sfruttamento del pannello più profondo del giacimento (-90 m s.l.m.), nel febbraio 1998 (fig. 5) portò ad un evento franoso valutato in 230.000 mc di materiale, posatosi sopra la soletta di roccia (circa 20 metri di spessore) che separa il primo pannello Nord dal secondo.

Data la conseguente instabilità interna del giacimento, si rese necessario l'abbandono delle coltivazioni minerarie ed, a tal fine, in sintonia con le disposizioni provenienti dal Distretto Minerario competente, è stato predisposto un sistema di monitoraggio strumentale delle strutture interne al giacimento.

In fase propedeutica di studio sono state acquisite importanti informazioni con apposite campagne geofisiche, che hanno permesso di escludere la presenza di cavità sottostanti la strada provinciale 83 Nebida- Buggerru, ma anche di indagare sulla consistenza delle formazioni scistose.



Fig.3 - Particolare della frana del 1991

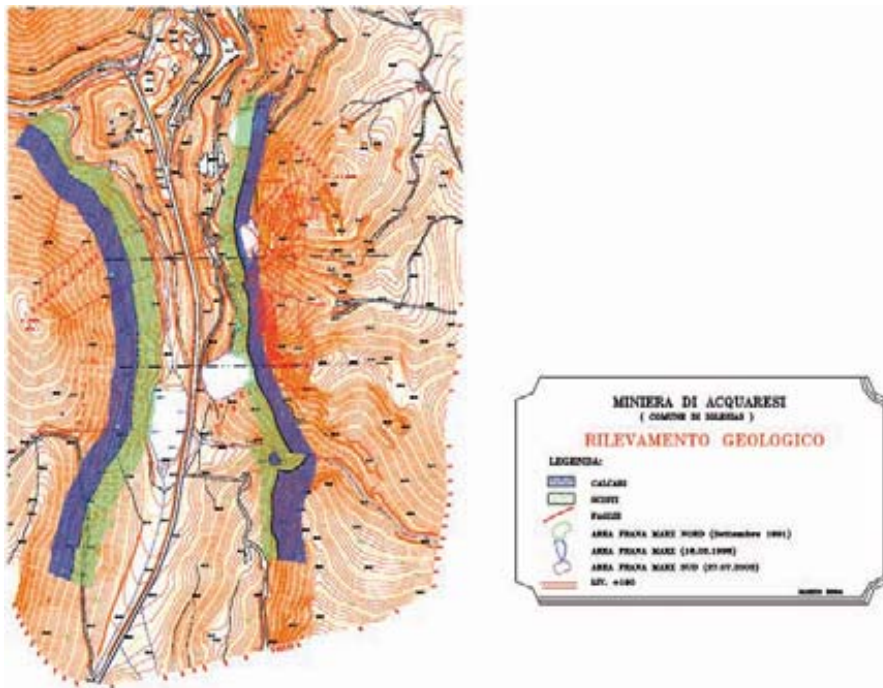


Fig. 4 - Geologia dell'area di Acquaresi

Sulla base di queste informazioni era stato posizionato all'esterno uno strumento per il controllo delle vibrazioni tipo UVS 1500, dotato di quattro geofoni verticali, che furono posizionati lungo il bordo occidentale della cavità che si era creata a seguito del movimento franoso 1998.

Dall'analisi e valutazione dei dati provenienti da un anno di monitoraggio, si preferì, a causa dei notevoli disturbi esterni registrati dai geofoni (dovuti a fenomeni naturali pioggia, vento), indotti anche dalle vibrazioni dovute ai mezzi di passaggio sulla strada, si è deciso di spostare il monitoraggio all'interno della miniera.



Fig.5 - Aspetto assunto dal Giacimento Marx dopo il crollo del Febbraio 1998.

Le apparecchiature sono state disposte lungo il livello situato a quota + 190 metri, oggetto anche in passato di studi e rilevamenti, in quanto lungo il suo tracciato passa un'importante faglia subverticale, che interessa tutto il giacimento con direzione Nord - Sud.

Partendo dal presupposto che il cedimento della soletta sulla quale gravava il materiale di frana 1998 avrebbe potuto causare un'ulteriore frana interna interessando le solette sottostanti, si è ritenuto che le avvisaglie del crollo avrebbero avuto naturale propagazione lungo la succitata importante struttura tettonica che attraversa il giacimento.

Sono state sperimentate alcune metodologie di rilevamento con l'utilizzo sia di geofoni verticali sia triassiali.

In una prima fase sono stati posizionati quattro geofoni verticali ubicati specularmente a cavallo della faglia principale, due verso est e due verso ovest.

Dopo circa sei mesi di monitoraggio risultarono campionati pochissimi eventi, relativi ad un solo canale per volta, indice di un fenomeno estremamente limitato. A seguito delle considerazioni derivanti dalle esperienze maturate si era passati all'utilizzo di un geofono triassiale in alternativa ai quattro geofoni verticali.

Il triassiale è stato posizionato in prossimità della faglia, col I canale posizionato sulla verticale, il II in direzione Nord - Sud ed il III in direzione Est - Ovest.

Il numero di registrazioni acquisite nel periodo medio di analisi dei dati, circa 6 giorni, passò dalle poche unità registrate dai geofoni verticali, ad oltre 300 eventi registrati col triassiale.

Molto importante fu verificare che il canale su cui erano registrati quasi esclusivamente gli eventi era il canale III, cioè quello che registrava le vibrazioni orizzontali, Est - Ovest, facendo presagire piccoli fenomeni compressivi dovuti agli scisti a tetto del giacimento.

Nel Luglio del 2003, a soli 10 metri dalla strada provinciale 83 (Nebida - Buggerru) nel vuoto del giacimento Marx si è verificato un fenomeno di subsidenza (fig. 6), fortunatamente verificatosi di domenica, quindi senza presenza dei tecnici addetti alle rilevazioni. Questo crollo, situato interamente negli scisti in prossimità del contatto con i calcari ha generato di una frana imbutiforme su un'area di base di circa 7000 mq ed un volume di 46.000 mc.



Fig. 6 - Nicchia dello sprofondamento del 27 Luglio 2003.

Furono immediatamente attivate, tramite sondaggi, le verifiche sottostanti la sede stradale. Non furono rinvenute zone di vuoto, ma solo infiltrazioni di acque intorno ai 20 metri di profondità, che rendevano plastici gli scisti.

Il cratere formatosi non è sovrapposto ad alcun vuoto minerario e si è formato presumibilmente per il cedimento degli scisti del tetto del giacimento entro la grande camera di coltivazione.

Si è quindi avvertita la necessità di integrare il monitoraggio in sotterraneo, è stato posizionato un secondo UVS 1500 dotato di geofono triassiale, posto in prossimità del contatto calcari scisti, all'estremità Sud della parete dello slot di Marx.

I due strumenti UVS 1500 sono tuttora in registrazione continua, e permettono di disporre delle registrazioni degli eventi simultanei che possono interessare sia la zona centrale del giacimento che il contatto scisti calcari.

L'area analizzata in dettaglio da un punto di vista morfologico, evidenzia tra la vegetazione i limiti di ampi settori interessati dai movimenti di frana successivi alla prima subsidenza (fig.7).



Fig 7 - L'inghiottitoio formatosi è di forma ellittica, con l'asse maggiore di oltre 100 metri e il minore di circa 70

Dai sopralluoghi e dalle fotografie risulta evidente come oltre al settore imbutiforme la nicchia del distacco interessi un giro esterno al movimento principale, fino al piede della parete calcarea (fig 8).



Fig 8 - Primo piano del settore in subsidenza con evidenza della parete di taglio al limite con i calcari.

Anche dal bordo strada sono chiaramente individuabili i tre livelli principali dello scivolamento.

I movimenti hanno interessato anche i settori marginali, non direttamente coinvolti nel crollo. E' importante osservare come nel settore principale, nel lato Nord, sia completamente scomparsa la vegetazione, inghiottita e poi ricoperta da altri sedimenti. Tra la vegetazione è osservabile la superficie relitta e il gradino morfologico creatosi ben lontano dalla forma principale (fig 9).



Fig 9 - Panoramica verso Sud Est con evidenza della superficie topografica ribassata intorno al settore di subsidenza.

L'assemblaggio di un anaglifo (fig. 10) realizzato con due fotografie aeree riprese immediatamente dopo il verificarsi del fenomeno di subsidenza in esame, ha permesso l'analisi stereoscopica digitale per l'individuazione delle principali lineazioni e degli indizi di movimenti (fig.11).



Fig. 10 - Anaglifo realizzato

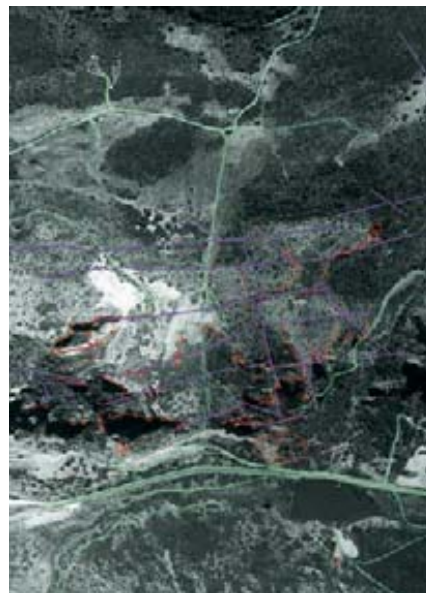


Fig.11 - Interpretazione dell'anaglifo

Sull'immagine di destra vengono riportate le osservazioni effettuate in stereovisione.

L'area risulta interessata da scavi minerari e da importanti variazioni morfologiche legate alla diversa erodibilità delle litologie interessate, la cui struttura è comunque chiaramente impostata su morfostrutture parallele alla valle dove, al piede delle pareti carbonatiche, dovrebbe essere presente la faglia principale del settore. L'area direttamente interessata dalla subsidenza 2003, non risulta comunque inserita su particolari lineazioni tettoniche (fig. 12-13).

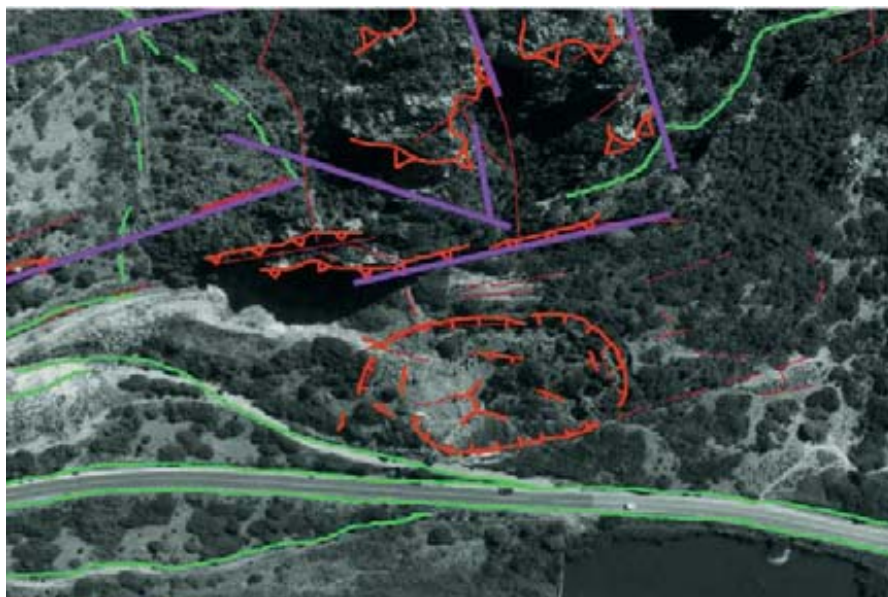


Fig. 12



Fig. 13

Per evidenziare le lineazioni tettoniche e gli aspetti morfologici precedentemente descritti, infine, non ultimi, i danni paesaggistico-ambientali, si è ritenuto opportuno l'utilizzo di un modello tridimensionale (fig.14).

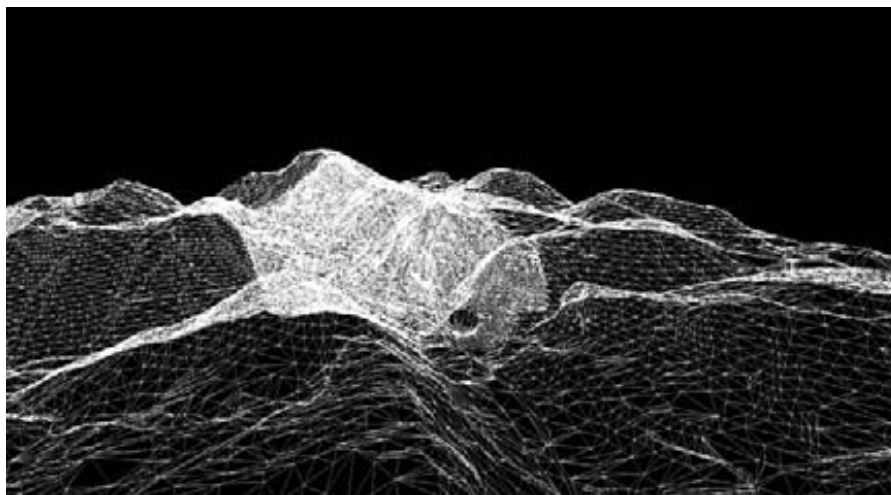


Fig. 14 - Fase di realizzazione del TIN

Questo modello è stato realizzato utilizzando i punti quotati estrapolati dalla carta tematica regionale 1:10.000 ed i punti di un rilievo di dettaglio dell'area in esame alla scala 1:500; sul modello così realizzato si è potuta appoggiare e plasmare una immagine ottenuta integrando le ortofoto a colori in scala 1:10.000 dell'area e le foto a scala 1:2.000 fatte eseguire dall'IGEA s.p.a. (fig. 15).

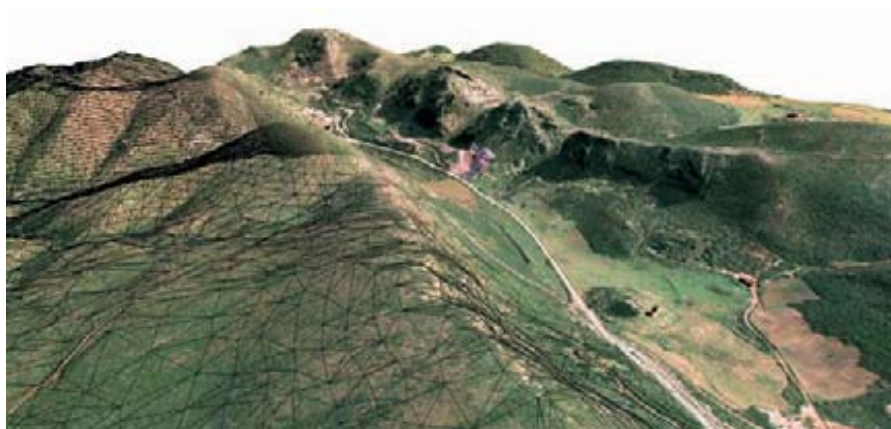


Fig.15 - Appoggio dell'immagine sul TIN

Il modello così ottenuto permette un'ottima osservazione dell'area (dove sono facilmente individuabili le diverse strutture litologiche) e facilita lo studio e le valutazioni per gli interventi di recupero (fig. 16).



Fig. 16 - Il versante in secondo piano è interessato dallo sfruttamento del cantiere di Acquaresi. Sono evidenti gli importanti interventi antropici e le tracce delle subsidenze allineate lungo il giacimento Marx.

BIBLIOGRAFIA

- BARCA S., DI GREGORIO F. (1991a), Proposta metodologica per il rilevamento dei monumenti geologici e geomorfologici, *Boll. A.I.C.*, 83, 25-31, Todi.
- BARCA S. & DI GREGORIO F. (1991b), Conservation et valorisation du patrimoine géologique de la Sardaigne (Italie): une proposition methodologique, *I Symposium Intern. "Protection du Patrimoine géologique"*. Digne-les Bains, France, 1-19.
- COCOZZA T., CARMIGNANI L., PERTUSATI P.C., 1983 Carta Geologica del Paleozoico dell'Iglesiente (Sardegna Sud-Occidentale) in scala 1:50.000. in: Civita M., Cocozza T., Forti P., Perna G., and Turi B., *Idrogeologia del Bacino Minerario dell'Iglesiente (Sardegna Sud-Occidentale)*. Mem. Ist. Ital. Speleologia, Ser II, 2 pp., 137,15 Tavv.,1 Geological map, 1 Hydrogeological map.
- GENTILESCHI M. L., MOCCO L., SISTU G. (A CURA DI), 1996, *Geografia e didattica-Sardegna: beni naturali e culturali per la valorizzazione della regione*, Atti del XXXIX convegno nazionale AIIG (Quartu S. Elena), CUEC, Cagliari, 1998 43-53.
- GISOTTI G. (1993), Rapporti tra formazioni geologiche e paesaggio. Il paesaggio geologico, *Boll. Serv. Geol. D'It.*, vol. CIX, 137-152.
- FINETTI I., MORELLI C. (1974), L'esplorazione geofisica dell'area mediterranea circostante il blocco sardo-corso, in "Paleogeografia del terziario sardo nell'ambito del Mediterraneo occidentale, *Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari*, 213-238.
- SARRITZU R., Il giacimento Marx di Acquaresi IGEA s.p.a.