

COMUNE DI SANTA BRIGIDA

Provincia di Bergamo

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

SISTEMAZIONE DISSESTO NELL'AREA DELLE

EX MINIERE IN COMUNE DI SANTA BRIGIDA

(Legge 179 del 31/07/02 art. 16 – importo € 1.000.000,00)

RELAZIONE GEOLOGICA

Committente: COMUNE DI SANTA BRIGIDA			Codice Progetto: 07_04_134		
Grado progettazione: DEFINITIVO-ESECUTIVO			Data: GIUGNO 2007		
Data:	Revisione:	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
<i>Studio Associato di Geologia Spada di Spada M., Orlandi G.M., Bianchi S. Via Zanino Colle, 9 – Ranica (BG) Tel: 035/516090 – fax: 035/513738 – e_mail: info@studiogeospada.it</i>					

INDICE

1.0 PREMESSE	3
2.0 PROBLEMATICHE IN ESSERE	4
3.0 DATI DISPONIBILI SULLA CAVA CARALE	5
4.0 CONTESTO GEOLOGICO GENERALE	7
5.0 QUADRO GEOLOGICO DI DETTAGLIO	9
6.0 DATI SEDIMENTOLOGICI E STRUTTURALI SUI GESSI	11
7.0 RIEPILOGO DELLE PROBLEMATICHE	15

1.0 PREMESSE

La presente relazione geologica ci è stata commissionata dal Comune di Santa Brigida (BG) ed è a supporto del progetto definitivo-esecutivo di “sistemazione del dissesto nell’area delle ex miniere in Comune di Santa Brigida”.

I lavori del presente progetto sono finanziati dalla Legge n° 179 del 31/07/2002 – art. 16 – per un importo di € 1.000.000,00.

Gli stessi si configurano come secondo lotto funzionale degli interventi realizzati nel 2006 e finanziati dalla Regione Lombardia per un importo di circa € 516.000,00 con la Legge 183/89 nel programma triennale 2001-2003.

Precedentemente erano stati finanziati dalla Regione Lombardia, con una coda dell’ordinanza per l’alluvione del novembre 2000, una serie di studi ed indagini.

Le stesse hanno costituito la base per la comprensione del quadro di rischio idrogeologico dell’area e della richiesta di fondi per la sistemazione.

La presente nota sintetizza le principali risultanze degli studi a carattere geologico e geologico tecnico eseguiti a partire dal 2001; la stessa è già in possesso degli Enti ed ad essa si rimanda per tutti i dettagli.

Lo scopo della nota attuale è quello di riepilogare in primo luogo il quadro geologico dei luoghi di intervento ed evidenziare le problematiche presenti ed ancora in essere su cui intervenire.

Al modello idrogeologico ed agli approfondimenti eseguiti in tal senso fino al termine dei lavori del primo lotto, viene dedicato un documento specifico che viene allegato al presente progetto, data l’importanza di questo aspetto.

2.0 PROBLEMATICHE IN ESSERE

Nel territorio comunale di Santa Brigida esistono tre zone perimetrate dell'Autorità di Bacino del Fiume Po come aree a grave rischio idrogeologico ai sensi della L. 267/98 (vedi tavola n° 1).

In tutti e tre i casi si tratta di zone interessate in passato da attività estrattiva in sotterraneo per l'asportazione di gesso ed anidrite.

L'escavazione avveniva inizialmente all'aperto e poi passava in galleria; i livelli di escavazione giungevano fino a 4 o 5, e raggiungevano anche profondità di 40-50 m dal p.c., le gallerie erano di notevoli dimensioni (indicativamente 6 m x 6 m) e nelle stesse circolavano i camion.

Vista la particolare natura geologica del territorio comunale, con presenza di gessi nel sottosuolo e potenti depositi argillosi di alterazione in superficie, viene naturale che tali estrazioni abbiano provocato, oltre ad una serie incredibile di vuoti sotterranei, nei pressi del centro abitato, una notevole alterazione del regime idrogeologico sotterraneo.

Queste modifiche del suolo, considerato che l'escavazione è iniziata a fine 1800, hanno provocato fenomeni di dissesto, franamento, sprofondamento, ecc. in fase di progressiva accelerazione.

I fenomeni sono nei pressi dei centri abitati ed interessano, già adesso, infrastrutture ed edifici, e la situazione è destinata, per il futuro, a peggiorare in modo esponenziale.

La situazione a maggior rischio è quella della ex Cava Carale per la presenza, sia dell'abitato omonimo immediatamente a valle, sia della strada provinciale nella zona a monte; la stessa è già stata oggetto del 1° lotto dei lavori ed è oggetto del presente intervento.

In questo cantiere l'estrazione è avvenuta su quattro livelli, di cui tre al di sotto della superficie di falda, a causa, in sede di estrazione, della rottura del setto di separazione tra i gessi e la dolomia.

Quando era attiva la cava, l'acqua veniva pompata fuori.

Il cantiere è stato chiuso nel 1972 e la situazione si è aggravata nel tempo, dato che due livelli restano ancora completamente allagati, con un volume di vuoti, riempiti dall'acqua, dell'ordine di 40.000-60.000 mc.

Il versante soprastante presenta, non solo fenomeni di sprofondamento legati al franamento delle calotte, ma anche una serie di frane per il rilascio tensionale dei terreni di copertura; in aggiunta alla situazione specificata l'acqua continua a circolare nel sottosuolo, prosegue nell'alterazione dei gessi e conseguentemente nel dilavamento degli stessi, con peggioramento ed aggravamento del rischio nel tempo.

In caso di collasso della struttura di contenimento, che attualmente sembra non immediato, la frazione potrebbe essere spazzata via con gravi danni per uomini e cose.

3.0 DATI DISPONIBILI SULLA CAVA CARALE

Nel presente paragrafo si riepilogano i principali dati a disposizione relativamente alla cava Carale.

Tale cava, relativamente al territorio di Santa Brigida, è l'unica cava situata a monte dei centri abitati (per la precisione sopra l'omonima frazione).

L'attività estrattiva è finita nel 1972, ed il vuoto del terzo livello è stato utilizzato prima come fungaia e poi abbandonato.

In fase di coltivazione le pompe poste sui piani inferiori eliminavano l'acqua che entrava, successivamente le pompe sono state via via alzate e poi fermate: attualmente le gallerie si sono allagate e l'acqua fuoriesce a sfioro.

E' ancora ben visibile l'ampia fossa creata dall'attività estrattiva iniziale a cielo aperto, proseguita in seguito in galleria per i 4 livelli indicati.

Il Comune di Santa Brigida ha recuperato, tramite la Ditta Nuova SIGA, le ultime planimetrie dei diversi livelli minerari della cava.

Le planimetrie sono state verificate in modo parziale con le ispezioni e con i sondaggi di iniezione e controllo; i riscontri sulla validità delle stesse sono stati, fino ad oggi, positivi.

I dati desumibili dalle planimetrie sui vari livelli sono i seguenti:

Livello 1: quota 814 superficie indicativa: 160-180 mq

Livello chiuso non ispezionabile

Livello 2: quota 804 superficie indicativa: 2000-2500 mq

Livello ispezionato TUTTO, entrando dall'ingresso da piano campagna

Non allagato perché lo sfioro tiene l'acqua più bassa

Livello 3: quota 795 superficie indicativa: 4500-4800 mq

Livello ispezionato in parte, scendendo dal livello 1, pompando l'acqua

Livello sempre allagato

Livello 4: quota 755 superficie indicativa: 2700-3000 mq

Livello NON ispezionato

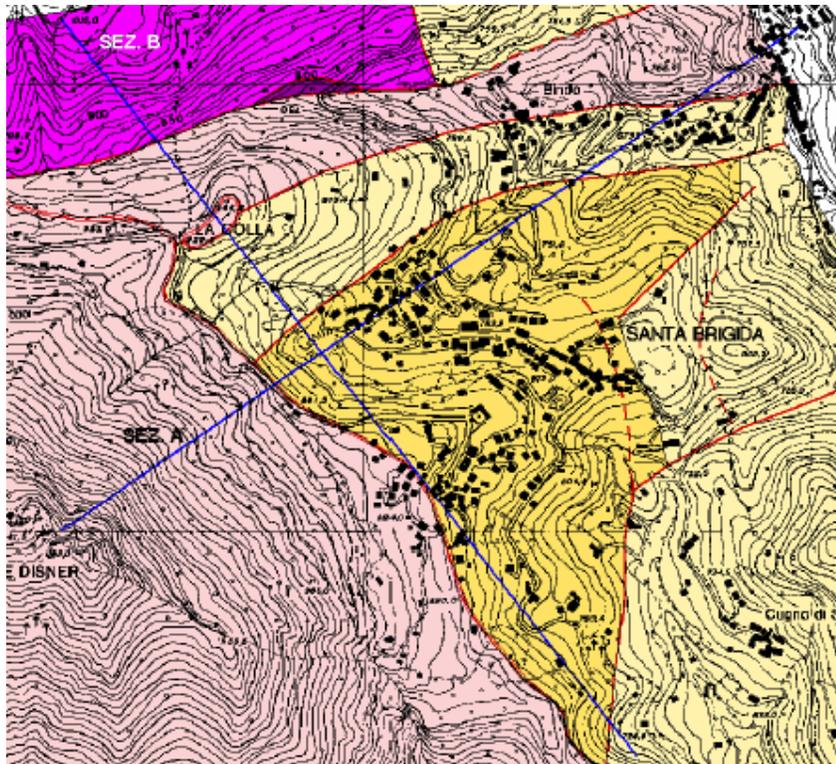
Livello sempre allagato

4.0 CONTESTO GEOLOGICO GENERALE

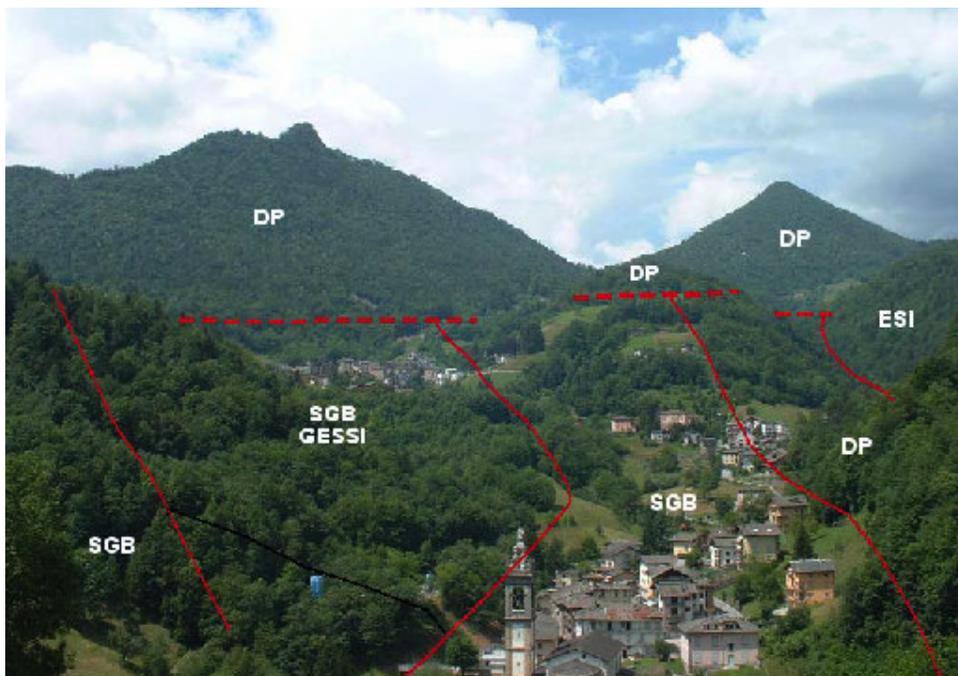
I gessi di Santa Brigida appartengono alle lenti evaporitiche incluse nella Formazione di San Giovanni Bianco (Carnico superiore) e sporadicamente affioranti nelle Alpi meridionali.

L'assetto strutturale e le relazioni stratigrafiche tra le formazioni nell'area di studio mostrano che i gessi sono stati coinvolti nelle deformazioni tettoniche conseguenti alla presenza di importanti sovrascorrimenti, che si sviluppano regionalmente nel settore ad ovest di Santa Brigida.

Il quadro geologico è rappresentato nella figura sotto riportata



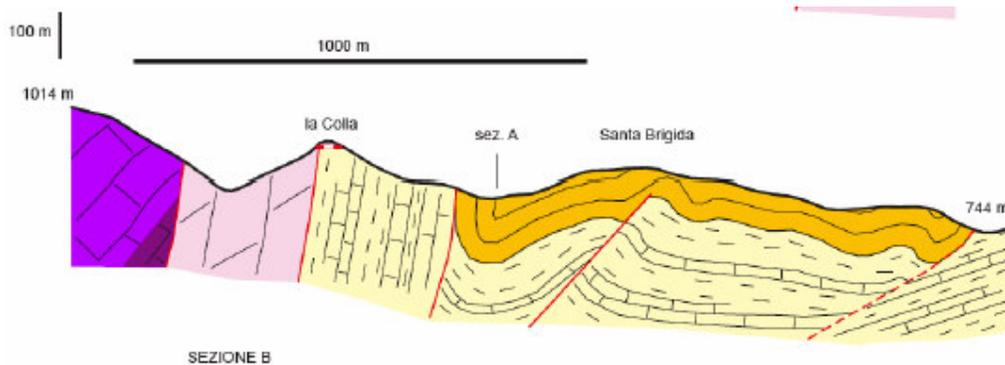
In particolare, immediatamente ad ovest dell'abitato, in corrispondenza della strada che collega Santa Brigida a Cusio, si individua il fronte del *thrust* immergente verso ovest che ha portato la Dolomia Principale (Norico), che costituisce le cime del Monte Disner e del Pizzo Cusio, a sovrascorrere sui terreni più antichi della Formazione di San Giovanni Bianco, che formano il substrato dei versanti sui quali si sviluppano Santa Brigida, Bindo e Averara (vedi foto sottostante).



In questi versanti, morfologicamente meno acclivi e più morbidi, i gessi affiorano in corrispondenza del nucleo di una blanda sinclinale col fianco di sud-est poco inclinato e quello di nord-ovest verticalizzato (vedi sezione geologica sottostante).

La sinclinale risulta spesso fagliata in corrispondenza del contatto tra le lenti di evaporiti e le facies carbonatico-marnose della Formazione di San Giovanni Bianco;

verso nord la sinclinale è limitata da un sistema di faglie ad andamento circa est-ovest che portano in affioramento ed a contatto con la Formazione di San Giovanni Bianco una scaglia di Dolomia Principale e, più a nord, le formazioni del Calcare di Esino (Ladinico-Anisico sup.) e del Calcare di Angolo (Anisico medio-sup.).



5.0 QUADRO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

L'area oggetto di studio, nell'intorno della cava Carale, è costituita da una sola formazione di età carnica, la Formazione di San Giovanni Bianco.

La stessa, è localmente ricoperta da detrito di versante.

La formazione è caratterizzata da due facies nettamente distinte: una facies pelitica ed una facies evaporitica, che era quella oggetto di escavazione.

Formazione di San Giovanni Bianco (Carnico sup.):

Il San Giovanni Bianco è costituito da arenarie fini (litareniti), siltiti verdastre, raramente rossastre, ricche in clasti pelitici e, localmente, con concrezioni carbonatico-silicee fino a decimetriche; sono diffusi i noduli e cristalli di pirite negli orizzonti verdi e frustoli vegetali.

A queste litofacies si associano marne dolomitiche da grigie a giallastre, ocracee sulla superficie alterata.

Nella porzione superiore divengono via via più frequenti le litofacies carbonatico-evaporitiche con dolomie grigie, dolomie marnose, calcari dolomitici vacuolari, sfaticci, di colore bruno-giallastro, dolomie vacuolari e orizzonti di carniole.

Nello specifico, la formazione è caratterizzata da una netta prevalenza di siltiti grigio verdi, generalmente molto fratturate, e subordinati livelli di arenarie fini e dolomie vacuolari e carniole.

Al di sopra di questa facies affiorano le evaporiti (gessi ed anidriti), che caratterizzano la parte superiore della formazione, prima del passaggio alla Dolomia Principale.

I gessi generalmente non affiorano direttamente, perché sono ricoperti da potenti depositi limoso-argillosi-sabbiosi di alterazione; nello specifico sono osservabili molti affioramenti nei pressi delle aree di cava, dove l'attività estrattiva li ha messi a giorno.

La giacitura è mediamente sub verticale, con direzione nord-est sud-ovest.

La formazione è generalmente ricoperta da depositi superficiali di varia natura e spessore.

La porzione pelitica è generalmente ricoperta da depositi eluvio colluviali, a prevalente natura limoso argillosa, con frammenti del substrato, in genere di spessore contenuto.

I gessi sono ricoperti da depositi più potenti, anche oltre 20 metri nelle zone in cui sono soggetti ad alterazione per lo scorrimento delle acque.

Gli stessi hanno natura limoso-sabbiosa-argillosa, con frequente presenza di trovanti di varia natura: frammenti di gesso, dolomie vacuolari e brecce calcaree.

Al di sopra della Formazione del San Giovanni Bianco affiora, per contatto tettonico sia verso nord che verso ovest, la Formazione della Dolomia Principale.

Dolomia Principale (Norico):

Si tratta di dolomie da grigio chiare a grigio scure, in banchi da metrici a decametrici, con stratificazione amalgamata, dispersi livelli stromatolitici, accumuli di alghe e fossili; localmente si ritrovano anche breccie tettono-sedimentarie.

Il limite basale della formazione è sempre tettonico e lo spessore massimo osservabile nel comune è di oltre 800 metri.

Questa formazione costituisce tutta la porzione sud-occidentale del territorio comunale: dalla fine dell'abitato alla cima del Monte Disner, fino all'estrema punta sud del Comune, il Monte Saetta.

Un'altra ampia fascia di Dolomia Principale è quella su cui sorge la Frazione Bindo: è una scaglia limitata da due faglie dirette est-ovest che vanno dalla Val Mora alla località La Colla.

Nello studio specifico la Dolomia Principale è molto importante perché costituisce l'acquifero che contiene la falda di base del Monte Disner, che è la stessa che alimenta l'acqua in afflusso alla cava Carale.

6.0 DATI SEDIMENTOLOGICI E STRUTTURALI SUI GESSI

Le seguenti valutazioni derivano da analisi stratigrafiche e strutturali di dettaglio a Santa Brigida, con particolare riferimento alla cava Carale.

Gli affioramenti dei gessi sono generalmente scarsi e coincidono con i fronti di ingresso delle tre cave di Santa Brigida; i processi di alterazione meteorica (frequenti le strutture carsiche di dissoluzione, tipici i *rillen karren*, e l'accumulo di prodotti del disfacimento dei gessi), insieme alla deformazione tettonica, hanno spesso obliterato le strutture sedimentarie originarie e la maggior parte delle osservazioni sedimentologiche sono possibili quasi solo all'interno delle cave (foto 6) dove sono conservati affioramenti relativamente "freschi" ed alterati dalle sole acque di circolazione sotterranea.

La lente di gesso si estende nel sottosuolo e all'interno del versante fino a circa 150-200 m, dove il fronte di sovrascorrimento delle dolomie è stato intercettato da un sondaggio in avanzamento e lo spessore della lente è di circa un centinaio di metri.

La zona dell'imbocco della cava Carale mostra l'aspetto degli affioramenti dei gessi in prossimità del fianco nord della sinclinale, dove i gessi sono in contatto meccanico con facies marnoso-carbonatiche.



La stratificazione è sub-verticale ed è caratterizzata da livelli decimetrici distinti dalle variazioni litologiche e tessiturali; in particolare sono stati osservati:

- evidenti livelli con bandature di colore centimetriche, localmente molto deformate, nella parte centrale;
- livelli massivi con fratturazioni diffuse e locali superfici di discontinuità secondarie (clivaggio);
- lenti e livelli di colore differente (depositi carbonatici).

La stratificazione non è facilmente apprezzabile ed è messa in evidenza soprattutto dal diverso comportamento (duttile *vs.* fragile) che i vari livelli mostrano in seguito alla deformazione.

Sono localmente presenti dei livelli lenticolari carbonatici grigi, in cui si nota il fitto reticolo di fratturazioni riempite da un cemento gessoso bianco.

I livelli gessosi, con bandatura, mostrano spesso pieghe simili decimetriche che sono serrate.

Si sono osservati anche lenticelle e noduli isolati più competenti all'interno dei gessi che, nelle zone più deformate, hanno dato origine a strutture simili ai *rods* metamorfici (ovvero a "bastoncini" allungati lungo una direzione preferenziale).

Le pareti delle gallerie mettono in esposizione, oltre alle variazioni litologiche e tessiturali all'interno della lente dei gessi di cui sopra, una chiara stratificazione, una bandatura centimetrica piano-parallela data da variazioni di colore, una laminazione sottile e patine ocracee; si tratta di ossidi e/o solfuri depositati dalle acque sotterranee.

Nelle facies con bandatura i livelli bianchi sono costituiti da gesso da microcristallino a mediamente cristallino (granuli di dimensioni massime di circa 1-2 mm) mentre in grigio o, quando alterati in ocra, sono a livelli di gesso con “impurità”; in questi livelli si osservano lenticelle centimetriche di carbonati e anche cristalli millimetrici grigio scuro.

Negli spazi di interstrato sono localmente presenti sedimenti fini, siltitici, color ocra e generalmente “terrosi” che, localmente, danno origine all’interno degli strati ad una laminazione sottile.

In corrispondenza delle zone maggiormente deformate sono osservabili dei piani di discontinuità secondari (clivaggio) che, intersecandosi con le superfici di stratificazione, danno origine a lineazioni.

Si sono osservate anche pieghe appiattite con i fianchi paralleli e nuclei molto stirati, la cui presenza è rivelata dalla deformazione delle bandature di colore.



7.0 RIEPILOGO DELLE PROBLEMATICHE

La situazione geologica ed idrogeologica di un territorio come quello di Santa Brigida è naturalmente estremamente delicata, per la presenza di vaste lenti di gesso ed anidrite nel sottosuolo.

Si tratta di materiali in evoluzione ed alterazione continua, che sono ricoperti da potenti terreni (in media 15-20 metri) limoso-argillosi di alterazione, e che presentano una notevole circolazione di acqua.

L'attività estrattiva svoltasi in passato, prima a cielo aperto e successivamente in galleria, per 4 livelli in sotterraneo, nella cava Carale, che è posizionata in un punto idrogeologicamente molto delicato, ha comportato una grave alterazione del quadro naturale.

Tale alterazione ha provocato due diversi elementi di grave rischio per il territorio:

- fenomeni di instabilità del versante, resi manifesti dalla presenza di numerosi eventi franosi nelle aree contermini;
- problemi di carattere idrogeologico per l'alterazione e la modifica del regime di deflusso delle acque sotterranee, con anche il conseguente allagamento totale di due livelli di gallerie.

1- Instabilità del versante

Questo aspetto rappresenta, allo stato attuale della situazione, quello più evidente e che comporta i maggiori rischi in tempi brevi, rischi legati soprattutto alla presenza, nella zona a monte, della strada provinciale per Cusio.

I fenomeni franosi e/o i segnali di instabilità del pendio sono svariati e di diverso tipo, come di seguito dettagliato:

- Sul versante a monte delle gallerie, nelle aree limitrofe alle stesse, sono presenti numerosissimi inghiottitoi, doline e sprofondamenti, con diametro anche di alcuni metri, che si sviluppano in modo spesso improvviso, agevolati da periodi di piogge intense e/o prolungate. Questi sprofondamenti non sono altro che la conseguenza in superficie di franamenti all'interno delle gallerie;
- Il versante, che dal piazzale di cava sale alla strada provinciale, è interessato in modo diffuso da fenomeni di franamento e scivolamento dei terreni della coltre superficiale. Tali fenomeni si sviluppano di preferenza nelle porzioni più acclivi del versante, in coincidenza con aree di preferenziale scorrimento delle acque superficiali (piccole incisioni, tracciati di sentieri e mulattiere prive di raccolta acque, ecc.);
- Un ulteriore elemento, sintomo di fenomeni di instabilità più ampi, è quello relativo alla presenza di depressioni o sprofondamenti sul versante; i fenomeni avvengono in zone distanti in quota almeno 40-50 metri dalle gallerie. In questi casi è chiaro che i fenomeni non possono essere correlati al collasso delle gallerie, perché tali fenomeni, vista la distanza, non raggiungerebbero la superficie. Si tratta verosimilmente di fenomeni di rilascio tensionale e/o di assestamento dei terreni di copertura;
- Le analisi sulla stabilità condotte hanno messo in luce che il versante è sicuramente in condizioni precarie per scivolamenti a carattere superficiale, che potrebbero coinvolgere alcuni metri di coperture ed eventualmente utilizzare, per lo

scivolamento al piede, la presenza dei vuoti delle gallerie e l'aumento di pendenza del versante a causa dell'attività estrattiva a cielo aperto;

- Fenomeni più profondi, con interessamento anche di consistenti porzioni del substrato roccioso con i gessi sembra risultino molto poco probabili in questa fase.

2- Alterazione regime idrogeologico e di deflusso delle acque sotterranee

Questo secondo aspetto rappresenta un elemento che è poco visibile attualmente, perché è legato ad una evoluzione che avviene in sottterraneo, ma è sicuramente quello più rischioso e che solleva le maggiori preoccupazioni per il futuro, anche se si spera non avvenga in tempi molto brevi.

Come già detto, si ribadisce che l'attività estrattiva in sottterraneo ha pesantemente modificato il regime idrogeologico e di deflusso delle acque sotterranee ed è andata ad incidere sul contatto tra dolomia e gessi ed ad agevolare il passaggio delle acque della falda di base nel massiccio, con il conseguente completo allagamento delle gallerie in sottterraneo.

Considerato che si tratta di gallerie in gesso, l'aspetto più preoccupante è quello relativo alla continua alterazione del materiale, con dissoluzione dello stesso, rammollimento e peggioramento delle caratteristiche dei terreni e creazione di nuove vie di deflusso.

La continua evoluzione dei fenomeni sopra descritti è confermata da tutta una serie di elementi oggettivi verificati:

- Franamenti anche recenti delle volte dei livelli più alti con formazione di inghiottitoi sul versante. La situazione è stata verificata direttamente nel livello 2 (ispezionabile) che dall'inizio degli studi ad oggi ha avuto fenomeni di degrado e deterioramento visibili ad occhio;

- Presenza di potenti depositi melmosi, derivanti dalla dissoluzione in acqua del gesso, sul fondo della gallerie. Lo spessore dei depositi fangoso-melmosi sul fondo, rinvenuti nei sondaggi e nei fori di iniezione dei lavori del 1° lotto, varia da un minimo di 1 metro fino ad oltre 4 metri e risulta evidente l'assenza durante i lavori di questi depositi, che si sono generati successivamente alla chiusura delle gallerie;
- Durante l'ispezione al livello 3 le pareti, il pavimento e la volta presentavano tutti segni di scorrimento di acqua e di alterazione e dilavamento del gesso;
- Le analisi delle acque in afflusso alle gallerie ed in uscita allo scarico hanno evidenziato un deciso arricchimento in solfati;
- I sondaggi del 1° lotto hanno evidenziato anche spessori di calotta molto variabili, con in alcuni casi valori molto ridotti (2-4 metri), decisamente inferiori agli spessori medi che venivano lasciati durante i lavori. Questo elemento sembra indicare possibili fenomeni di franamento in galleria.

La situazione è molto preoccupante in considerazione dei possibili sviluppi futuri e della presenza dell'abitato immediatamente a valle della cava, che attualmente si presenta allagata per due livelli, con un carico idrostatico di oltre 20 metri ed un volume di vuoti saturato di almeno 50.000/60.000 mc stimati; in caso di crolli dei pilastri in galleria, non immediatamente prevedibili, ci sarebbe una fuoriuscita di acqua in pressione, con conseguenti rischi rilevanti per la popolazione (fenomeno analogo a Stava ed al Vaiont).

I lavori del 1° lotto hanno iniettato e consolidato un volume di circa 6.000 mc dell'ultimo livello, nella parte verso l'abitato, creando una sorta di ulteriore barriera di protezione verso l'abitato.

Tale barriera, seppur importante, non è chiaramente sufficiente e risolutiva, alla luce del rilevante volume dei vuoti e di acqua ancora presente nelle gallerie, per cui diviene fondamentale continuare con le opere nel più breve tempo possibile.