

**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 IDROGEOLOGICA**

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: <a href="mailto:info@studiogeospada.it">info@studiogeospada.it</a></i>					

<b>INDICE</b>
---------------

<b>1.0 PREMESSE</b>	<b>3</b>
<b>2.0 STRUTTURA IDROGEOLOGICA GENERALE</b>	<b>3</b>
<b>3.0 STRUTTURA IDROGEOLOGICA DELLA ZONA CARALE</b>	<b>7</b>
<b>4.0 INDAGINI E PROVE IDROGEOLOGICHE EFFETTUATE A SUPPORTO DEL PROGETTO DEL 1 LOTTO DEI LAVORI</b>	<b>8</b>
<b>4.1 PROVE DI POMPAGGIO E MISURE DI PORTATA</b>	<b>9</b>
<b>4.2 ANALISI CHIMICHE DELLE ACQUE</b>	<b>10</b>
<b>4.3 MISURE PIEZOMETRICHE</b>	<b>10</b>
<b>4.4. PROVE CON TRACCIANTI</b>	<b>11</b>
<b>5.0 VERIFICHE IDROGEOLOGICHE EFFETTUATE DURANTE ED AL TERMINE DEI LAVORI DEL 1° LOTTO</b>	<b>13</b>
<b>6.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE ED INDICAZIONI PROGETTUALI</b>	<b>17</b>

## **1.0 PREMESSE**

L'assetto idrogeologico rappresenta una delle componenti ambientali fondamentali per affrontare e gestire correttamente nell'intervento di consolidamento delle ex gallerie di gesso in località Carale, sia nell'immediato che, soprattutto, per la valutazione degli effetti a lungo termine.

A supporto del progetto definitivo-esecutivo del 1° lotto dei lavori erano stati effettuati una serie di approfondimenti relativamente a questo aspetto, anche su richiesta degli Enti superiori di controllo, era stata eseguita un' indagine puntuale e predisposta una relazione specifica.

La presente nota riprende le valutazioni contenute nella precedente, le integra con gli ulteriori approfondimenti e prende in considerazione i controlli effettuati durante ed al termine dei lavori e formula ulteriori indicazioni per la corretta realizzazione di questo 2 lotto.

## **2.0 STRUTTURA IDROGEOLOGICA GENERALE**

La struttura idrogeologica generale della zona abitata del Comune di Santa Brigida è visualizzata nella carta idrogeologica (tevola geo 3) e può essere sintetizzata come di seguito dettagliato.

### *A – Zona a nord del torrente Bindo*

In questa zona si risente ancora in maniera massiccia degli effetti della faglia della Valtorta-Valcanale, che corre poco a nord della porzione visualizzata in carta.

Questa area, delimitata a sud dalla faglia subverticale del torrente Bindo, è caratterizzata dalla presenza, in sponda idrografica sinistra e poco sopra la quota di deflusso del torrente stesso, da una serie di sorgenti importanti (n° 3 captazioni principali) utilizzate a scopo potabile dall'acquedotto Comunale.

La circolazione sotterranea che alimenta le sorgenti avviene all'interno dei calcari fratturati e carsificati della Formazione di Esino e le acque vengono a giorno nei pressi della zona di faglia, per la maggiore fratturazione della roccia stessa, per l'effetto di tamponamento dato dalla faglia stessa e per la presenza di alcune lenti a permeabilità minore.

*B – Zona compresa tra il torrente Bindo e la faglia della Colla*

Questa zona è delimitata da due lineamenti tettonici diretti circa est-ovest, da subverticali molto inclinati verso nord: la faglia del torrente Bindo a nord e la faglia de La Colla a sud.

Dal punto di vista geologico il substrato è composto da breccie e dolomie laminate, formazioni che appartengono alla parte basale della Dolomia Principale e che sono caratterizzate da un grado di fratturazione estremamente elevato.

I rilievi, di dettaglio, hanno messo in evidenza un paio di emergenze di buona portata, non captate, ubicate presso il ponte sul torrente Bindo: tali emergenze scaricano le acque sotterranee che arrivano dalla zona de La Colla e che vengono a giorno nei pressi della faglia del torrente Bindo.

*C – Zona dell'abitato di Santa Brigida*

In questa zona si ricomprende tutta la restante parte dell'area studiata, che va dalla faglia della Colla fino al torrente Stabina a sud, al fiume Brembo verso est ed al monte Disner verso ovest.

L'acquifero principale è rappresentato sicuramente dal Monte Disner, che è costituito da dolomie fortemente carsificate e fratturate, che hanno elevatissima permeabilità.

La dolomia del Disner è scollata dalla parte superiore dei gessi del San Giovanni Bianco, su cui sorge la maggior parte dell'abitato di Santa Brigida.

Una zona di recapito ed emergenza di queste acque sotterranee del Monte Disner è verso sud (torrente Stabina).

In questa zona, lungo la valle Scura, il Comune di Santa Brigida capta un gruppetto di 3 sorgenti ravvicinate, con una portata minima molto costante di almeno 5-6 litri/secondo; queste sorgenti rappresentano sicuramente un'emergenza a giorno della falda di base del massiccio Dolomitico del Monte Disner.

Verso la zona di Santa Brigida sono presenti piccole emergenze nella zona alta della località Gerro, mentre l'elemento idrogeologico più importante connesso all'acquifero del Monte Disner è rappresentato dall'altra zona di emergenza delle acque sotterranee del Disner, con le sorgenti ubicate nei pressi della cava Carale.

Queste sorgenti oggi non sono più presenti perché sono state drenate, in profondità, dall'attività di estrazione in sotterraneo.

Si trattava, verosimilmente, di sorgenti per soglia di permeabilità sottoposta all'acquifero (dolomia principale tamponata dallo scollamento dei gessi) che sono state drenate in profondità quando è stato forato il contatto geologico, di argilla nel sottosuolo, per l'estrazione del gesso.

Tutta la zona su cui sorge la parte principale dell'abitato di Santa Brigida è dominata da terreni (limi ed argille residuali di alterazione dei gessi) e rocce (formazione di San Giovanni Bianco composta da siltiti, arenarie, gessi ed anidriti) che sono pressoché impermeabili, per cui la zona è priva di una vera e propria circolazione idrica profonda.

Da tutti i dati dei sondaggi e dalle misure piezometriche che sono state analizzate per il presente lavoro (indagini per il consolidamento della chiesa e indagini per il processo sulla chiusura delle cave) emerge l'assenza di falde o vie di deflusso sotterranee importanti e si evidenzia un quadro idrogeologico caratterizzato da piccole falde sospese, all'interno dei terreni, per variazioni granulometriche degli stessi e/o localmente al contatto con il substrato.

La sola limitata eccezione è rappresentata dal deposito di versante (probabilmente di frana) che scende dal Monte Disner verso l'abitato di Carale, ma si tratta di un elemento di scarso interesse idrogeologico, visto l'esiguo spessore e la discontinuità areale dei depositi nella zona dell'abitato.

Dato che i terreni sono prevalentemente impermeabili, il deflusso delle acque è fortemente legato alla morfologia superficiale (spartiacque superficiali e sotterranei pressoché coincidenti), per cui lo spartiacque principale della zona è rappresentato dal crinale su cui sorge l'abitato di Santa Brigida che separa la zona nord, caratterizzata dai torrenti Bindo e Bolferino e dalla zona a sud che drena le acque superficiali verso il torrente Stabina.

Questa situazione è stata pesantemente modificata dall'attività estrattiva nel sottosuolo, che ha alterato questo assetto idrogeologico, ha drenato nel sottosuolo sorgenti e corsi

d'acqua superficiali ed ha creato nuove vie di alimentazione e di deflusso delle acque sotterranee.

### **3.0 STRUTTURA IDROGEOLOGICA DELLA ZONA CARALE**

La cava Carale si colloca in una posizione molto particolare dal punto di vista idrogeologico: l'area è ubicata vicino al contatto con la Dolomia Principale ed è ubicata nei pressi della falda di base del massiccio del Monte Disner.

La posizione estrattiva non è per nulla casuale ma è stata scelta ai tempi dell'escavazione, infatti negli anni in cui la cava era attiva, il materiale commerciale era il gesso, mentre l'anidrite rappresentava lo scarto e solo successivamente è stata utilizzata a livello industriale.

Nello specifico la dolomia del Monte Disner costituisce la zona di alimentazione della falda di base, che si accumulava al contatto con le rocce evaporitiche che costituivano l'acquiclude del sistema.

Si tratta di una falda di notevolissime potenzialità che prima dell'attività estrattiva alimentava alcune sorgenti continue nella zona, a monte del piazzale attuale.

Con l'attività estrattiva il livello di contatto argilloso è stato in parte rotto e/o alterato ed ha facilitato il passaggio dell'acqua, che poi ha circolato nelle gallerie.

Attualmente, in condizioni normali, l'acqua allaga i livelli inferiori 3 e 4 e la quota piezometrica attuale è mantenuta artificialmente al di sotto del piano campagna, con una tubazione di sfioro e di adduzione alla valle Bindo.

Altri elementi idrogeologici molto importanti da mettere in luce relativamente alla località Carale sono di seguito dettagliati:

- La struttura delle evaporiti è favorevole a portare acque nel giacimento, dato che la geometria generale è quella di una sinclinale asimmetrica, con fianco subverticale a nord (presso le cave) ed andamento che segue circa la morfologia del territorio verso sud, con immersione degli strati sufficientemente stabile verso ovest ed inclinazione media di 40-45°;
- Dal punto di vista stratigrafico – sedimentologico il giacimento evaporitico è compreso tra un calcare cavernoso brecciato a letto ed un calcare cavernoso a tetto; il bancone calcareo di base è a sua volta poggiato sulle siltiti e le arenarie impermeabili della Formazione di San Giovanni Bianco. Il livello di contatto è spesso interessato, proprio per le sue caratteristiche litologiche, da fenomeni deformativi, con la presenza di faglie o scollamenti (come, ad esempio, la faglia che delimita verso nord i giacimenti di Carale e Bolferino). Questa zona di contatto è, in genere, il punto di principale di scorrimento delle acque di infiltrazione (calcari vacuolari, carniole, calcari brecciati, frammenti di evaporiti, ecc., formazioni che in genere presentano permeabilità da media ad elevata). Questo dato è supportato anche dal fatto che lungo tali elementi si sono concentrate in passato le escavazioni.

#### **4.0 INDAGINI E PROVE IDROGEOLOGICHE EFFETTUATE A SUPPORTO DEL PROGETTO DEL 1° LOTTO DEI LAVORI**

Nel presente paragrafo sono riepilogati i principali risultati delle prove idrogeologiche di dettaglio che sono state effettuate a supporto del 1° lotto dei lavori e precisamente:

- prove di pompaggio e misure di portata;
- analisi chimiche delle acque;

- misure piezometriche;
- prove con traccianti.

#### **4.1 PROVE DI POMPAGGIO E MISURE DI PORTATA**

Nel 2002 è stato perforato un pozzo fino al livello n° 4 (nel punto più basso del livello, dove in sede di estrazione venivano tenute le pompe per eliminare l'acqua), con lo scopo di effettuare delle prove di portata e di emungimento e di abbassare l'acqua nei livelli 3 e 4 per poter procedere all'ispezione diretta degli stessi.

Le risultanze delle prove sono state anche molto utili per una serie di valutazioni sulle portate d'acqua in afflusso nelle gallerie e su altri aspetti idrogeologici e precisamente:

- in periodi di secca (fine inverno 2002, estate 2002, fine inverno 2003, inverno 2004, inverno 2005, primavera-estate 2005) la portata misurata presso la sfioro delle gallerie è dell'ordine di 2,5 – 4,0 litri/sec;
- in fase di pompaggio per lo svuotamento delle gallerie (settembre 2002 – aprile 2003) con una portata emunta variabile tra 30 e 35 l/sec si aveva un abbassamento medio del livello dell'acqua (in condizioni meteorologiche di asciutta) di circa 50-60 cm/gg (valore variabile da un minimo di 30-40 cm nella zona centrale delle gallerie ed un massimo di 1-2 metri in zona di calotta);
- durante il periodo di piogge intense del 13-16 novembre 2002 in 3 giorni, pur con le pompe attive, l'acqua è risalita di 10 metri, mentre in precedenza aveva impiegato n° 18 giorni per abbassarli. Da un calcolo indicativo è evidente che la portata in afflusso è stata di oltre 150 l/sec e più verosimilmente ben oltre i 200-300 l/sec, che è un valore incredibilmente alto e che non può che rafforzare le preoccupazioni e le perplessità per l'aggravamento della situazione per il futuro.

#### **4.2 ANALISI CHIMICHE DELLE ACQUE**

Sia durante gli studi del 2002-2003 che nel 2005, prima dell'inizio dei lavori del 1° lotto, erano state effettuate due analisi chimiche dell'acqua sia delle gallerie che in vari punti di campionamento nell'intorno (piezometri, sorgenti, torrenti).

I due campioni di acqua sono poi stati analizzati del laboratorio di analisi della Società T.Q.S.I. s.r.l. di Cene (BG) e dal laboratorio del Dipartimento di Chimica del Politecnico di Milano.

Il principale elemento emerso dalle analisi sopra indicate è il netto incremento della quantità di solfati tra l'acqua in afflusso alla gallerie e l'acqua alla scarico dopo aver circolato all'interno delle gallerie stesse, con un aumento di oltre il 60%, tanto che le acque in uscita hanno un tenore di solfati molto vicini al livello di saturazione (circa 2 g/litro).

Questo dato conferma che l'alterazione e la dissoluzione dei gessi da parte delle acque è in continua evoluzione nel tempo.

Le altre analisi sono servite a validare e confermare il modello idrogeologico descritto ai precedenti paragrafi, con la differenziazione dei vari domini idrogeologici.

#### **4.3 MISURE PIEZOMETRICHE**

Il controllo sui 3 piezometri realizzati, nel periodo tra il 2003 ed il 2005 ha consentito di mettere in evidenza alcuni aspetti, come di seguito dettagliato.

- La presenza di acqua nella zona, sia a valle della cava (S1-S2) che lateralmente presso S3, risulta sufficientemente costante e stabile nel tempo, in accordo con quanto anticipato al par. 3.0 sull'idrogeologia della località Carale e sulle modificazioni indotte dall'attività estrattiva;

- I livelli dell'acqua misurati nel 2005 sono più bassi mediamente di 1-2 m. rispetto al 2003 Tale situazione è imputabile ad almeno un paio di fattori:

1. nel 2003 le misure erano state effettuate successivamente al mese novembre 2002, periodo dell'alluvione della Bergamasca e quindi di grande ricarica di tutte le risorse idriche sotterranee, dato che in circa 15 giorni cadde poco meno di un metro di pioggia. Gli anni 2003, 2004 e la prima parte del 2005 sono stati caratterizzati da precipitazioni basse, decisamente sotto le medie annue, e come tali, le misure recenti risentono di questa situazione di generale impoverimento delle risorse idriche;
2. le misure al piezometro S2, posto immediatamente a valle della cava, risentono sicuramente anche nell'abbassamento medio del livello dello sfioro delle gallerie, passato da - 2,40 da p.c. a - 3,20 da p.c. nel pozzo perforato.

#### **4.4. PROVE CON TRACCIANTI**

La prova è stata eseguita giovedì 9 giugno 2005: come tracciante è stata utilizzata la fluoresceina sodica ( $C_{20}H_{10}Na_2O_5$ ), che è un prodotto atossico e che è stata ritenuta la più idonea per le condizioni geologiche locali.

La fluoresceina è stata immessa dal pozzo presente nel piazzale di cava direttamente in acqua al livello n° 4 e sono stati monitorati vari punti di controllo, sia lungo lo scarico che in torrenti ed emergenze a valle dello stesso.

I principali elementi emersi dalla prova e dai controlli sono i seguenti:

##### Abbassamento dell'acqua al di sotto della tubazione di sfioro

All'inizio del 2005 era stato notato un abbassamento dell'acqua nella galleria, che in condizioni di magra non arrivava più a raggiungere la tubazione di sfioro, il che poteva

far pensare ad un abbassamento naturale della falda per la presenza di nuove vie di deflusso.

Immediatamente dopo l'immissione della fluoresceina, è stata osservata la fuoriuscita di acqua con colorazione intensa dalla tubazione di scarico delle cave presso il punto di campionamento n° 4; la velocità con cui avveniva il deflusso indicava, in maniera inequivocabile, il deflusso in una tubazione.

Si è quindi proceduto ad una verifica per settore della tubazione di scarico dalle gallerie (tutti i tratti di tubazione e tutti i pozzetti), ed è stato osservato che: l'acqua entra nel sistema di tubazioni di scarico dal secondo pozzetto nel piazzale di cava, che è rotto sul fondo.

Per questo motivo lo sfioratore esistente non lavora sempre, ma solo in caso di piogge ed aumento delle portate; comunque l'acqua non ha trovato nuove vie nel gesso ma semplicemente l'anomalia è riferibile ad una rottura del pozzetto più basso.

#### *Punti di recapito verso valle delle acque sotterranee della cava Carale*

A partire dal giorno seguente all'immissione, è stata rinvenuta la presenza di fluoresceina nel campione 2, presso il piezometro posto immediatamente a valle della cava Carale.

La diluizione era molto blanda ed è aumentata decisamente nei due giorni seguenti.

Questo elemento conferma in maniera inequivocabile quanto già ipotizzato con il modello idrogeologico e cioè la decisa correlazione tra l'acqua contenuta nelle gallerie e la presenza di una falda costante, continua e di buona potenzialità nella zona di contatto tra gessi e terreni sotto l'abitato di Carale.

Nei campionamenti successivi non sono individuate ulteriori zone di emergenza della fluoresceina, anche se pare estremamente probabile che l'emergenza presso il campo sportivo sia direttamente correlata alla falda in oggetto (il mancato rinvenimento potrebbe essere legato a diversi fattori: elevatissima diluizione e dispersione del tracciante, cadenza delle letture dopo i primi giorni, tempi superiori a quelli di controllo per i deflussi).

La circolazione di acqua è molto veloce ed anche la dispersione è rilevante.

Le due sorgenti verso Piazza Molini non risultano invece correlate al sistema oggetto del presente studio.

#### **5.0 VERIFICHE IDROGEOLOGICHE EFFETTUATE DURANTE ED AL TERMINE DEI LAVORI DEL 1° LOTTO**

Nel presente paragrafo sono illustrati i principali risultati delle verifiche e dei controlli idrogeologici effettuati durante i lavori di consolidamento (1° lotto) ed al termine degli stessi, onde monitorare le eventuali alterazioni prodotte dagli interventi.

- Controlli piezometrici;
- Controlli sulla portata delle acque allo scarico;
- Controlli sulla torbidità delle acque;
- Nuovi sondaggi e/o perforazioni.

##### Controlli piezometrici

La prima fase dei lavori del 1° lotto ha previsto l'integrazione del sistema di controllo piezometrico con la realizzazione di due nuovi piezometri (P4 e P5) e la riapertura del piezometro P1 che non risultava più utilizzabile.

I piezometri sono stati monitorati per tutta la durata dei lavori ed al termine degli stessi fino ad oggi.

I controlli hanno avuto lo scopo di verificare eventuali modificazioni indotte dagli interventi al regime idrogeologico della zona.

Le misure, il cui quadro complessivo è allegato alla presente relazione, non hanno evidenziato anomalie di sorta, come ipotizzato in sede progettuale, dato che l'intervento del 1° lotto ha riempito solo una limitata parte, verso valle, del livello 4 per cui non sono state ipotizzate variazioni di tipo idrogeologico.

Le oscillazioni che si registrano nel livello dell'acqua ai piezometri sono in relazione al regime delle precipitazioni.

#### Controlli sulla portata delle acque allo scarico

Per tutta la durata dei lavori si è proceduto al controllo dei quantitativi delle acque della tubazione di scarico dalle gallerie.

Il controllo risultava molto importante per verificare eventuali situazioni anomale di deflusso, legate a problemi creati dalle iniezioni.

I controlli hanno evidenziato che la quantità media di acqua fuoriuscita dallo scarico aumentava nel momento dell'iniezione in funzione dei quantitativi iniettati; questo elemento ha ribadito la sostituzione dell'acqua con la miscela, senza ulteriori alterazioni e/o anomalie.

#### Controlli sulla torbidità delle acque allo scarico

Per tutta la durata dei lavori si è proceduto anche alla verifica visiva della torbidità delle acque di scarico, sempre con lo scopo di valutare eventuali anomalie di tipo idrogeologico connesse alle operazioni di iniezione.

L'acqua allo scarico è sempre risultata chiara, senza elementi di torbidità particolari, per cui si è ritenuto che le opere abbiano innescato situazioni anomale solo limitate per i rilevanti volumi di acqua presenti.

*Nuovi sondaggi e/o perforazioni*

I lavori del 1° lotto hanno compreso anche la realizzazione di n° 3 dreni suborizzontali, di n° 6 fori per le iniezioni e di n° 6 sondaggi di controllo e da queste perforazioni è possibile ricavare ulteriori elementi inerenti il quadro idrogeologico.

**DRENI SUBORIZZONTALI**

I dreni suborizzontali sono stati posizionati sulla base dei limiti logistici ed operativi ed al di sopra dell'imbocco del livello 2 ad una quota di circa 8-10 metri superiore.

La lunghezza degli stessi è stata di circa 150 metri e durante la perforazione i gessi sono stati rinvenuti fino circa a 120-130 m, oltre i quali seguivano le carniole ed il detrito di dolomia.

Le misure sopra indicate sono in linea con il modello geologico ed idrogeologico della zona già illustrato.

I dreni realizzati non funzionano al momento e presentano solo un gocciolio in caso di eventi meteorici intensi e prolungati.

La situazione era preventivata, in quanto la loro realizzazione ha lo scopo di rappresentare lo sfogo naturale dell'acqua nei momenti di riempimento di tutte le gallerie, quando il livello piezometrico si alzerà come prima delle escavazioni.

La falda attualmente è decisamente più bassa ed anche le infiltrazioni di acqua nel momento di piogge sono verosimilmente collegate più a percolazioni accentuate dalla montagna che non all'innalzamento della falda stessa.

#### PERFORAZIONI DI INIEZIONE E SONDAGGI DI CONTROLLO

Queste perforazioni sono state localizzate nel livello 4 nella porzione verso l'abitato ed in termini idrogeologici non forniscono elementi specifici.

Un elemento molto importante che è stato verificato è quello dello spessore dei fanghi di alterazione sul fondo, che sono stati riscontrati con spessori rilevati, fino ad oltre 4 metri nel punto più basso delle gallerie.

## **6.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE ED INDICAZIONI PROGETTUALI**

Dalle analisi e dalle valutazioni riportate ai paragrafi precedenti emergono una serie di aspetti, legati all'idrogeologia della località Carale, che hanno importanti implicazioni per il progetto.

Il quadro ed il modello idrogeologico dell'area della Cava Carale e della zona circostante è sufficientemente chiaro ed è stato ulteriormente confermato anche dalle indagini e dai controlli effettuati durante i lavori del 1° lotto.

E' invece decisamente più complesso fare delle modellazioni affidabili ed attendibili sui possibili effetti di un riempimento totale delle gallerie sulla falda e sul deflusso delle acque sotterranee.

L'obiettivo è quello di un rialzo della falda di base alla quota pre-escavazione nel momento di un riempimento totale delle cavità, ma si tratta di un'ipotesi dato che l'acqua avrà trovato moltissime vie di sfogo e contemporaneamente al momento non è stato possibile validare con elementi e dati tecnici certi.

Alla luce di quanto sopra dettagliato si reputa preferibile proseguire nell'iniezione sul livello 4 e sul successivo livello 3 verso l'abitato, lasciando ancora libere le discenderie originarie, in modo da non creare brusche alterazioni al regime idrogeologico e consentire di acquisire altri dati in merito all'assetto specifico.

Per poter acquisire tali ulteriori elementi diventa fondamentale mantenere i controlli idrogeologici fatti durante il 1° lotto dei lavori ed anche potenziarne alcuni aspetti e precisamente:

- monitoraggio piezometrico;
- controllo delle quantità delle acque allo scarico;

- controllo della torpidità;
- monitoraggio della portata delle emergenze a valle della cava;
- raccolta della tubazione di drenaggio che intercetta l'acqua con un vecchio sondaggio in avanzamento livello 2 e portarla fuori dalle gallerie con una tubazione, in modo da poterla monitorare;
- controllo della portata dei dreni suborizzontali.

Il monitoraggio della tubazione di drenaggio del livello 2 è molto importante: si tratta di una sorta di dreno suborizzontale creato con un foro minerario in avanzamento, che ha intercettato l'acqua.

Tale dreno è molto più basso dell'ombrello di dreni suborizzontali realizzati con il 1° lotto dei lavori (almeno 30-40 m più basso) e dovrebbe essere il primo a segnalare un innalzamento della falda a tergo delle gallerie con il procedere delle iniezioni.

Non si ritiene, invece, di consigliare l'esecuzione di ulteriori dreni: la quota a cui sarebbe possibile la loro realizzazione è ancora più alta della tubazione del livello 2 e vi è già l'ombrello di dreni del 1° lotto.

In queste condizioni si ritiene corretto procedere ai monitoraggi sopra indicati; ulteriori dreni potranno essere valutati alla luce dei dati che saranno acquisiti con i presenti lavori ed essere realizzati in eventuali futuri lotti di intervento

*ALLEGATO: Tabella controlli piezometrici*