



Via Roma, 492
24013 Oltre il Colle (BG)
+39 (0)345 67950
www.energiaminerals.com

Oltre il Colle li 15/10/2015

Spett.le
Hattusas
c.a. dott. Marcello Mutti

OGGETTO: POTENZIALE IMPATTO DELLE VIBRAZIONI CAUSATE DALLE
ESPLOSIONI SU STRUTTURE SUPERFICIALI E GROTTI

Facendo seguito alla vs. richiesta inerente la domanda della Regione datata 09/10/2015, vogliate trovare in allegato quanto in oggetto.

Cordiali saluti.

ENERGIA MINERALS (ITALIA) S.r.l.
Il procuratore speciale

GRAEME W. COLLINS



OGGETTO: Potenziale impatto delle vibrazioni causate dalle esplosioni su strutture superficiali e grotte

La questione del potenziale impatto che le vibrazioni, causate dalle esplosioni, potrebbero avere su strutture superficiali o collocate in prossimità della superficie, come le grotte, è stata presa in esame prima della presentazione del Piano Lavori e di ogni altra documentazione inerente il progetto di scavo. In linea di massima, si riteneva che la profondità dell'intervento annullasse ogni eventuale impatto causato dall'uso dell'esplosivo. Per esserne certi, è stato però realizzato uno studio dettagliato, completato nel maggio 2015, atto a testare quanto supposto.

Nell'area sono presenti diverse grotte, ma la più vicina ai lavori è il "bus di Tri Fradei", (Lo BG 3748), peraltro di importanza paleontologica. Secondo quanto riportato nella documentazione analizzata, l'antro è profondo circa 30 m, per cui il punto più vicino allo sviluppo della discenderia in progetto è situato a circa 500 metri (200 m in orizzontale, 430m in verticale).

Lo studio ha determinato che, in linea teorica, il raggio di influenza delle vibrazioni sismiche generate dall'attività esplosiva è di 175m. Considerando che la profondità di sviluppo del tunnel varia tra i 400 e i 500 mt in verticale, sotto la superficie topografica naturale, qualsiasi impatto su infrastrutture, impianti e altre strutture, come le cavità naturali, generato dalla produzione di vibrazioni, può essere considerato pressoché nullo.

L'uso di esplosivi, all'interno del Ribasso Forcella, è iniziato il 2 settembre 2015. Ad oggi sono stati realizzati circa 30 brillamenti, utilizzando esplosivo ad alta concentrazione. Le vibrazioni generate ad ogni scoppio vengono monitorate ed i dati registrati sono forniti alla Questura.

I dati raccolti fino ad oggi, anche se in quantità ancora esigua, dimostrano l'attendibilità delle conclusioni sostenute dallo studio sopra citato.

Considerazioni sulle vibrazioni sismiche causate dall'uso di esplosivo.

L'effetto della propagazione dell'onda sismica indotta dall'esplosione, sulla massa rocciosa, nelle miniere, è la risultante di diversi parametri, tra cui: la distanza dal punto di fuoco, la quantità massima di carica esplosiva utilizzata simultaneamente e le caratteristiche fisiche e geometriche della roccia.

ali coefficienti non possono essere assunti come valori "universali", poiché vengono influenzati dalle caratteristiche della roccia locale e dalla direzione di propagazione.

Ci sono diverse formule empiriche che correlano i parametri con la velocità di propagazione dell'onda. La formula di Langefors (Langefors e Kihlstrom) è quella universalmente accettata ed è definita come segue:

$$V = K \sqrt{\frac{Q}{R^{1.5}}}$$

Di cui:

v = velocità di propagazione dell'onda (mm / s)

Q = quantità massima di carica esplosiva utilizzata simultaneamente (kg)

R = distanza dal punto di fuoco (m)

K = coefficiente adimensionale, relativo alla roccia. In questo particolare caso, K = 30 (questo coefficiente è stato ottenuto attraverso numerose prove sperimentali, geomeccaniche e strutturali, realizzate su diversi tipi di roccia simili).

La norma tedesca DIN 4150 Parte 3 (febbraio 1999), riconosciuta come particolarmente adatta a questo scopo da parte di tutti gli operatori del settore, fornisce la seguente tabella, con limiti di velocità delle vibrazioni per le diverse classi di strutture o edifici, quali:

- A. Strutture industriali
- B. Edifici residenziali
- C. Edifici di particolare sensibilità o di monumenti storici

La velocità delle vibrazioni viene misurata in prossimità degli edifici. Secondo la normativa sopra descritta, i valori limite per la velocità consentita (in questo caso relativa alla componente verticale) sono correlati all'attività esplosiva relativa allo sviluppo del tunnel di esplorazione.

Utilizzando come riferimento i limiti delle normative più severe (linea 3), con il valore di frequenza più bassa di 10 Hz, in via prudenziale, la frequenza si riduce proporzionalmente a quanto la velocità delle particelle rallenta. Come riportato nella tabella sottostante, il limite massimo di velocità di VLIM vibrazione è pertanto 3 mm / sec.

Tabella 3: Valori indicativi relativi alla velocità di oscillazione v₁ per valutare l'effetto di vibrazioni di breve durata sugli edifici					
Riga	Tipo di costruzione	Valori indicativi relativi alla velocità di oscillazione v ₁ espressa in mm/sec			
		Frequenze alle Fondazioni			Solaio dell'ultimo piano, orizzontale
		1 Hz +10 Hz	10 Hz +50 Hz	50 Hz +100*Hz	Tutte le frequenze
1	Edifici ad uso artigianale, edifici industriali e costruzioni per uso analogo	20	20÷40	40÷50	40
2	Edifici ad uso abitativo e costruzioni simili per utilizzo e struttura	5	5÷15	15÷20	15
3	Costruzioni che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nella categorizzazione delle righe 1 e 2 e che sono soggetti a particolare tutela (ad es. edifici di valore artistico)	3	3÷8	8÷10	8

*) In presenza di frequenze superiori a 100 Hz, si possono applicare come minimo i valori indicativi per 100 Hz

In riferimento alla sopra citata formula di Langefors, i valori inseriti, come indicato nei paragrafi precedenti, sono i seguenti:

v = velocità dell'onda = 3 mm / sec

Q = quantità massima di carica esplosiva utilizzata simultaneamente = 22.8kg

R = distanza dal punto di fuoco (m)

K = coefficiente adimensionale relativo alla roccia = 30 (vedi sopra)

La distanza dal punto di scoppio (R), o il raggio di influenza di qualsiasi vibrazione sismica, viene quindi calcolato a 175 metri, fino a raggiungere una velocità di trasmissione inferiore a 3 mm / sec.

La velocità delle particelle, o vibrazione, calcolata a 500m, è di 1,35 millimetri / sec.

Poiché la profondità di sviluppo del tunnel varia da 400 a 500 m in verticale sotto la superficie topografica naturale, si ritiene che l'IMPATTO legato alla produzione di vibrazioni sulle infrastrutture di superficie e sul centro abitato nella zona circostante sarà indiscernibile o quasi nullo.

Per ridurre ulteriormente i rischi dell'effetto delle vibrazioni dal brillamento, saranno in ogni caso considerati ulteriori metodi alternativi, per diminuire il valore della carica massima, quali:

- diminuire la quantità di esplosivo per foro, ad esempio praticando fori di diametro inferiore o di lunghezza minore;
- utilizzare un maggior numero di detonatori impostando ritardi differenti.

Monitoraggio dell'esplosione

L'impiego di esplosivo nel Ribasso Forcella è iniziato il 2 settembre 2015. Ad oggi sono state effettuate circa 30 esplosioni utilizzando emulsioni esplosive ad alta potenza e detonatori sequenziati.

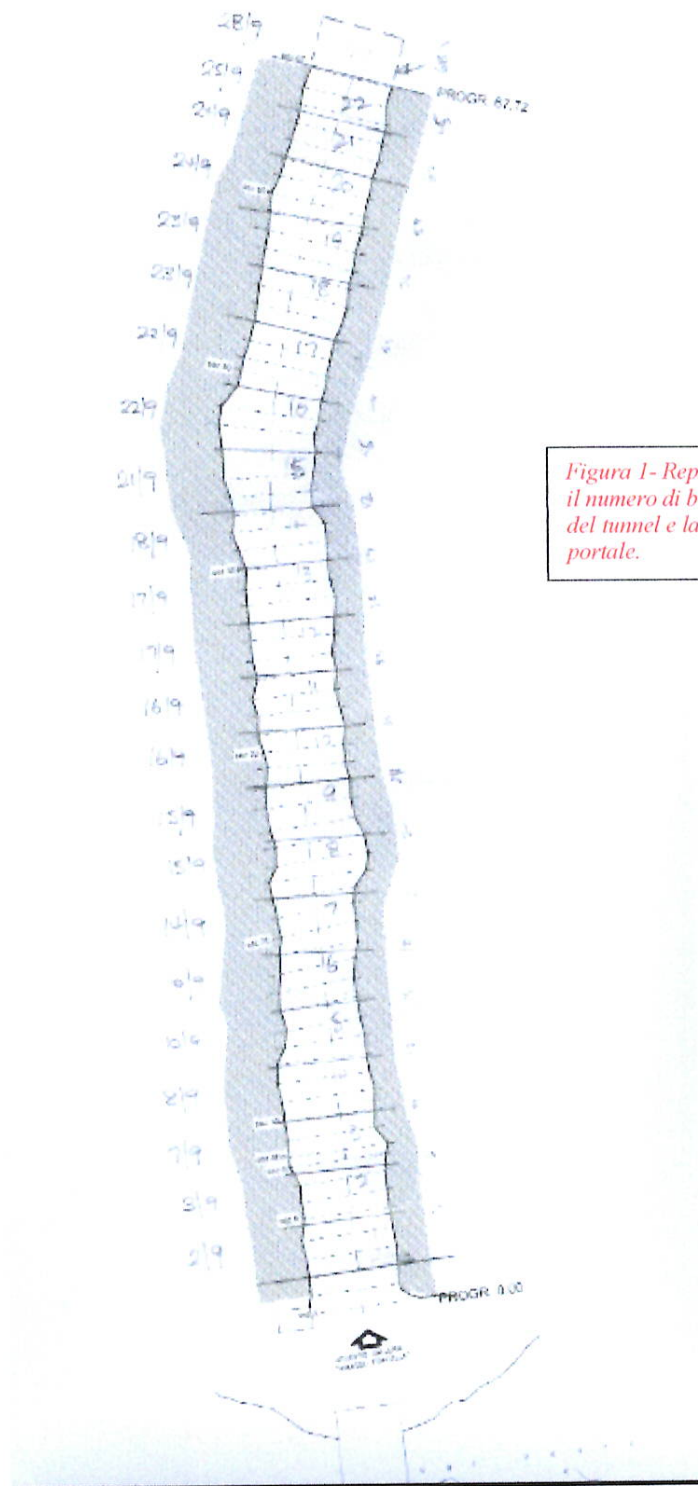
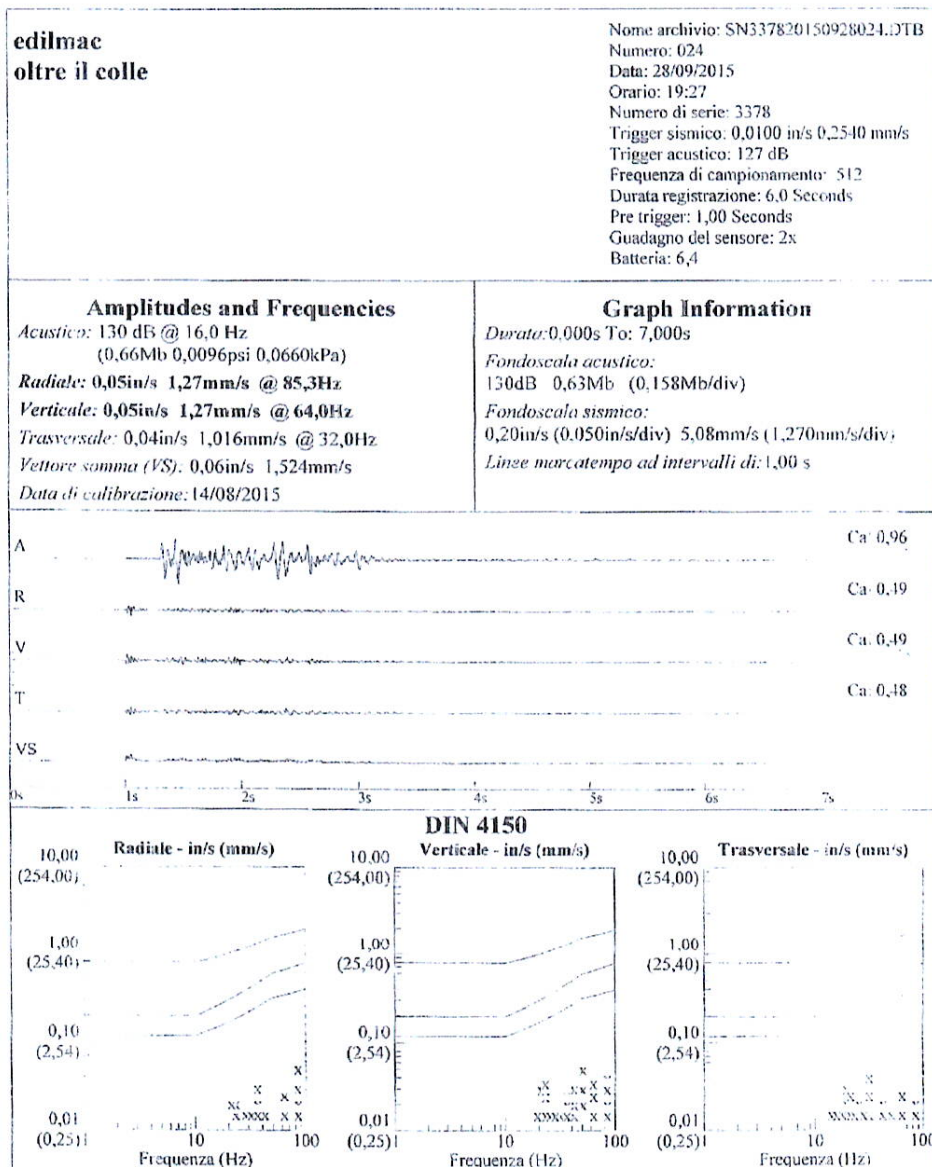


Figura 1- Report al 28 Settembre, che mostra il numero di brillamenti realizzati all'interno del tunnel e la distanza progressiva dal portale.

Per ogni esplosione viene monitorata la velocità delle particelle di picco (vibrazione), come da scheda di seguito allegata. Questi dati sono regolarmente forniti alla Questura, come previsto dalla licenza per l'uso dell'esplosivo. Il punto di monitoraggio è vicino al portale, quindi soggetto ad una notevole esposizione alla fonte di rumore, ma l'attrezzatura misura anche l'ampiezza e la frequenza della vibrazione a terra in diverse direzioni. All'allegato 2 si può vedere un rapporto standard, riportante i risultati ottenuti, misurati durante l'esplosione No. 23, effettuata a 68m dal portale d'ingresso.

Nonostante la ridotta disponibilità di dati, quanto raccolto fino ad oggi indica che la velocità di propagazione delle vibrazioni è ben al di sotto dei 3mm / s; laddove

analizzata, la soglia di rilevazione umana è di 0,5 mm / s a 240m dalla sorgente dell'esplosione.



Quanto rilevato supporta ampiamente lo studio originale, svolto a maggio 2015, che indicava i 175m come riferimento. E' probabile che la discrepanza tra questa proiezione basata su dati reali e lo studio teorico sia causata dagli effetti delle possibili faglie e dalla stratificazione delle rocce, che non poteva essere determinata dai test teorici.

La grotta più vicina al progetto proposto si trova a 500 metri dalla nuova discenderia (200 m in orizzontale, 430 m in verticale). In base alla documentazione disponibile, questa grotta risulta essere a circa 30 metri di profondità. A questa distanza non ci sarà alcun impatto, causato dalle vibrazioni prodotte dall'esplosione o dalla propagazione delle onde.

Ulteriori osservazioni relative alla stabilità delle grotte

Occorre sottolineare che questa zona è stata in passato una zona mineraria molto attiva, fino a primi anni 1980. Sono stati scavati circa 230 chilometri di tunnel e sono state estratte 800.000 tonnellate di roccia, soprattutto attraverso l'uso di esplosivi. I lavori si estendono dai 1550m s.l.m. fin sotto i 600m s.l.m. La maggior parte di questi scavi o cavità sono relativamente poco profondi e i livelli superiori della miniera di solito godono di illuminazione naturale, dalla superficie. All'interno di questa stessa area esistono una serie di grotte registrate; una di queste era attraversata dalle miniere (Lo BG 3808 "Fantasolaio").

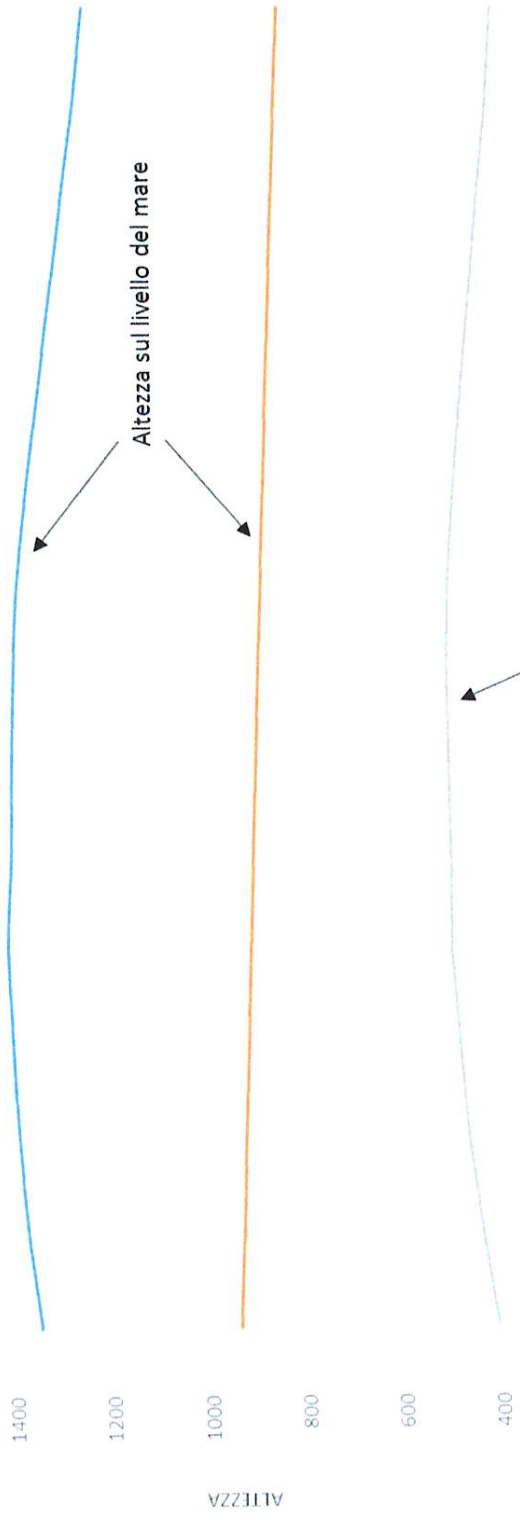
La popolare "regola del pollice", relativa alla costruzione ingegneristica su una cava di calcare, recita che la grotta risulta essere stabile quando lo spessore della sua volta supera la sua larghezza. Questa regola è risultata estremamente cautelativa ed è stata modificata con l'indicazione che la grotta risulta essere stabile quando la sua volta supera il 70% della sua larghezza, (T.Waltham & Z.Lu, "Natural and anthropogenic rock collapse over open caves", 2007).

Considerando quindi che gli esplosivi sono stati ampiamente utilizzati in passato nelle zone adiacenti alle cavità naturali, esaminata la distanza che separa il progetto della nuova discenderia dalle grotte di cui si conosce l'esistenza, rilevato che la distanza in questione andrà aumentando nel corso dei lavori e che le grotte sono per natura stabili, si può supporre che le vibrazioni causate dall'uso di esplosivo per la realizzazione della nuova discenderia non avranno alcuna influenza sulla stabilità delle cavità naturali.



Graeme Collins

Distanza di separazione tra la superficie naturale e la discenderia (metri)



	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Superficie	1350	1375	1392	1402	1410	1402	1398	1393	1382	1360	1335	1310	1285	1260	1240
Discenderia	940	933	926	919	911	904	897	890	883	876	869	861	854	847	840
differenza	410	442	466	483	499	498	501	503	499	484	466	449	431	413	400

DISTANZA DALLA PARTENZA

L'ampiezza misurata dalle vibrazioni causate dal brillamento Rib. Forcella - settembre 2015

