0. Premesse

Con riferimento alla nota della Regione Liguria, dipartimento Ambiente, del 24 ottobre 2013 (prot. n. PG/2013/0178267, avente per oggetto la “variante al programma di coltivazione della cava denominata Costa dei Sergi, in Comune di Ne”), contenente gli esiti della disamina della documentazione prodotta, effettuata Comitato VIA nel corso della seduta del 22 ottobre 2013, si trasmette il presente elaborato tecnico in cui sono sviluppati i temi indicati nella richiesta di integrazioni.

Al fine di agevolare la lettura delle tematiche affrontate il presente documento è stato suddiviso in numerosi capitoli, riferiti ad ogni singolo punto delle richieste integrative, allegando a fine capitolo i relativi elaborati grafici e rimandando agli allegati fuori testo solamente per alcune tavole grafiche aggiuntive, proprie del livello progettuale.

Al fine di effettuare una prima valutazione circa la potenziale disponibilità di massi da scogliera derivante dalla coltivazione del giacimento, si trasmette a fine del presente capitolo uno schema grafico contenente le tipologie e le quantità dei materiali estratti ad oggi nella porzione di cava autorizzata e ormai esaurita.

Come si evince dalla lettura dei dati, ricostruiti sulla base della documentazione di carattere commerciale della Ditta, dei 540.000 mc di masse rocciose estratti al 31/12/2013 il 43.99% è stato macinato e distribuito nelle varie classi merceologiche della sabbia e del pietrisco, il 24.96% è stato utilizzato tal-quale come tout-venant per la costruzione, in prevalenza, di opere marittime, mentre il 31.05% è stato estratto in forma di massi e come tale commercializzato ed utilizzato per opere marittime e per la realizzazione di interventi di difesa del suolo.

Punto 1: giustificazione del progetto presentato, sviluppando un approfondito esame e confronto di soluzioni alternative per una gestione esterna dei limi (aree di stoccaggio) e ulteriori forme di riutilizzo dei residui di lavorazione della pietra in processi produttivi, in riqualificazioni di ex siti estrattivi o aree degradate lungo il Graveglia e nelle valli limitrofe.

Sono state esaminate alcune soluzioni alternative a quelle proposte nello Studio di Impatto Ambientale. Gli esiti sono riassumibili come segue:

A – reperire un sito idoneo (area di stoccaggio) per allocare i limi per un periodo di deposito (che può durare anche 10 anni) per poi riposizionarli in cava; la soluzione è difficilmente attuabile in quanto:

- la ditta non ha in disponibilità, terreni idonei allo scopo;
- l'utilizzo di un sito di diversa proprietà, ammesso che siano reperibili aree idonee dal punto di vista geomorfologico, comporta elevati costi di affitto e di trasporto e gestione dei materiali;
- gli impatti derivanti dal trasporto e dall'utilizzo verrebbero semplicemente trasferiti in altro luogo, esterno al complesso estrattivo.

B – la localizzazione dei rifiuti di estrazione in cave, anche dismesse, diverse da quella di produzione non è consentita ai sensi del D.Lgs 117.

C – la localizzazione dei rifiuti di estrazione in altre ex cave è consentito ai sensi del D.Lgs 117, qualora le stesse siano autorizzate come discariche: nel comprensorio del Tigullio e nelle zone limitrofe non esistono al momento ex cave autorizzate per il deposito dei limi e pertanto non è possibile una analisi dei costi relativi.

D – il riutilizzo dei limi in processi industriali non è possibile; è stata vagliata in alternativa la possibilità di impiegare i limi per la realizzazione di strati impermeabili (barriere geologiche impermeabili alla base di discariche); pur permanendo comunque un forte limite derivante dalla percentuale poco significativa di materiale utilizzabile per tale scopo in rapporto alle quantità di rifiuti effettivamente prodotti, tale soluzione non è percorribile in quanto al momento non c'è richiesta per tale utilizzo.

E – avvio dei materiali a discarica come rifiuti speciali: è stata effettuata una indagine di mercato da cui emerge che il sito più vicino all'impianto è ubicato a Santo Stefano Magra in Provincia di La Spezia (v. documentazione allegata); i costi relativi allo smaltimento ammontano a 40 euro a tonnellata (circa 80 euro/mc) mentre i costi di trasporto sono stati computati pari a 14 euro a tonnellata (circa 28 euro/mc). Il costo complessivo di 108 euro/ mc rende tale soluzione non percorribile sotto il profilo tecnico-economico.

Per tutte le ragioni indicate in precedenza appare evidente che la soluzione indicata nel S.I.A. di allocare i rifiuti di estrazione nei vuoti di cava è quella più facilmente percorribile ed economicamente vantaggiosa ed è anche la soluzione più conforme alla normativa vigente (art 5 del D.Lgs 117).

Punto 2: esame e confronto di modifiche progettuali – da definire in accordo con il Settore tutela del paesaggio – che consentano, senza stravolgere l'attuale Piano di coltivazione, di dare priorità al recupero della parte destra del versante posta in prossimità del crinale secondario.

Nella zona ove è ubicato il piazzale di cava attuale si è verificato uno sconfinamento, in direzione sud, di una porzione del ciglio di cava, con arretramento verso la zona di crinale della Costa dei Sergi.

L'ampliamento eccede i limiti della zona Ca del P.T.R.A.C. ma rientra ampiamente all'interno dei limiti di proprietà (mapp. 250).

Lo sconfinamento, determinato originariamente da un probabile errore di picchettatura nel tracciamento dei limiti del fronte autorizzato, è stato successivamente accentuato, durante la fase di coltivazione, dalla presenza di superfici di discontinuità oggi abbastanza evidenti.

Il sistema di giunti ha determinato la formazione di un cuneo di scivolamento e l'assunzione della configurazione attuale del fronte a seguito di fenomeni di ribaltamento e crollo di porzioni di roccia successivi alle prime volate prodotte, con un arretramento del ciglio eccedente i limiti previsti a progetto.

Lo studio di dettaglio della zona di sconfinamento in corrispondenza del lato E del piazzale a quota 544 m s.l.m. è stato prodotto in un documento specifico ("*Integrazioni alla relazione geologica*") in data 8 gennaio 2013

Al fine di rappresentare la sistemazione definitiva della zona di sconfinamento **in una fase temporale che precede l'inizio dei lavori di coltivazione,** previsti nella variante integrale, sono stati predisposti elaborati integrativi trasmessi in allegato al presente documento integrativo (ALLEGATO PUNTO 2 Tavola 2 tris).

Relativamente alle modalità esecutive dei lavori di recupero e ripristino ambientale della zona di sconfinamento sono stati individuati alcuni criteri operativi per poter realizzare in sicurezza la riprofilatura prevista nella porzione a levante dell'esistente piazzale, mediante la creazione di un accumulo artificiale di terreno, adagiato contro la parete di scavo in roccia. Vengono di seguito descritte le fasi di lavoro da adottare per l'esecuzione di tale opera.

- In primo luogo si procederà mediante accumulo con automezzi e pala meccanica di terreno di riporto nell'area oggetto di ripristino, fino al raggiungimento di una quota idonea all'esecuzione di tale attività in piena sicurezza;
- contestualmente all'esecuzione dell'accumulo, verrà iniziata la realizzazione della prevista bastionatura in massi al piede dell'accumulo, fondata sull'esistente piazzale in roccia;
- successivamente, lungo la parete nord della cava, in prossimità della bastionatura, verrà realizzata una rampa provvisoria mediante accumulo di terreno di riporto, necessaria per accedere alle quote superiori del rilevato, dove sono previsti i gradoni presidiati da terre rinforzate;

- contestualmente alla realizzazione delle terre rinforzate si continuerà quindi con l’abbancamento di terreno di riporto fino al raggiungimento delle quote di progetto. Al completamento di ogni singolo gradone si prolungherà la rampa provvisoria, fino al raggiungimento della quota di sistemazione superiore.
- raggiunta la sommità dell’accumulo e completati i lavori di riprofilatura, il sedime occupato dalla rampa provvisoria verrà rimodellato mediante il prolungamento delle terre rinforzate fino alla parete rocciosa, riutilizzando il terreno di riporto impiegato per la costruzione della rampa stessa. Tale operazione di sistemazione dovrà essere eseguita partendo dalla parte sommitale della rampa e abbassandosi fino al raggiungimento della quota del piazzale di partenza.
- per consentire il recupero vegetazionale della zona di abbancamento e favorire l'attecchimento delle specie arbustive ed arboree, sullo strato superiore di ogni singolo piano verrà utilizzato terreno vegetale.

Per quanto riguarda le attrezzature impiegate, l’esecuzione di tutte le opere previste sarà eseguita con mezzi meccanici idonei al tipo di attività da svolgere. A tale proposito vengono indicati alcuni dati di progetto riguardanti la prevista rampa per la realizzazione dell’accumulo. Il primo tratto, da quota 543,98 a quota 551,20 avrà una pendenza media costante pari a circa il 18%, mentre la parte superiore avrà una pendenza paria al 40% circa; la larghezza utile per tutto lo sviluppo della rampa sarà di circa 5 ml. Se necessario, in fase di esecuzione della rampa, le scarpate a valle, potranno essere opportunamente consolidate mediante posa in opera, nei tratti di maggior altezza, di alcuni massi in roccia, da rimuovere durante la fase di sistemazione del sedime della rampa.

Dal punto di vista dell'impatto visivo delle opere ed in particolare della bastionatura al piede si sottolinea che, come si evince dalle tavole allegate, alla conclusione dei lavori è previsto il riempimento con terra del gradone basale e, conseguentemente, la mascheratura di gran parte della scogliera nel contesto delle opere di ripristino ambientale.

Punto 3: studio, da meglio concordare nei contenuti con la Direzione Generale e di Bacino della Provincia di Genova, volto a quantificare le interferenze della gestione della cava sul traffico locale (essenzialmente fino a confluenza Graveglia – Lavagna) individuando, se del caso, regole gestionali per mitigare gli impatti o proponendo, a livello di compensazione, eventuali interventi sulla viabilità, finalizzati a migliorarne le condizioni di sicurezza.

I problemi relativi alla viabilità sono stati discussi con il competente servizio della Provincia di Genova a seguito di sopralluoghi in sito.

Gli interventi concordati per il miglioramento della viabilità e per la mitigazione dell'impatto derivato dal transito di automezzi, sono stati riportati in un documento sottoscritto dal legale rappresentante della ditta esercente trasmesso in allegato a fine capitolo.

Relativamente allo stato attuale del traffico veicolare ed a quello in previsione si fa presente che le volumetrie di materiale derivate dalla coltivazione del giacimento sono state valutate pari a 300 mc al giorno, valore comunque inferiore di 200 mc rispetto alle volumetrie previste nella valutazione di impatto ambientale contestuale all'apertura del nuovo polo estrattivo nel 2004 (500 mc/g).

Valutando il quadro più generale delle attività estrattive nel comprensorio della Val Graveglia si evince che oltre alla cava “Costa dei Sergi” oggi sono attive le cave “Ventuin” e “Polo di calcare”.

La cava Ventuin è praticamente esaurita o in corso di esaurimento, quindi presto verrà meno il trasporto del materiale grezzo al frantoio posizionato presso l'area della ex cava “Cadana”.

Il Polo di calcare è ubicato sul lato opposto della strada di accesso al piazzale del frantoio della Cadana, ove arrivano praticamente solo i materiali provenienti dal Polo.

Per questi complessi estrattivi, di diversa proprietà, il traffico di automezzi si riduce praticamente al solo trasporto del prodotto finito.

Sommando questo traffico veicolare a quello legato alle attività estrattive di Costa dei Sergi (trasporto materiale da cava a Frantoio presso la cava dismessa “ex Fornace” e trasporto a varie destinazioni del prodotto finito) si giunge comunque a valori decisamente inferiori a quelli che hanno caratterizzato le attività estrattive in precedenza, ai tempi di apertura del nuovo complesso estrattivo di cui si tratta, in quanto in allora (2004) le cave attive della val Graveglia erano almeno 9 (Cadana, Costalunga, Ventuin, Castello, ex Fornace, Arbisci, Sopra la Fontana, Campuettin, e Costa dei Sergi) contro le 3 attuali (Ventuin, Polo di calcare e Costa dei Sergi).

Punto 4: approfondimento progettuale sulle attività di recupero attraverso una migliore discretizzazione delle fasi di ricomposizione del fronte a fine coltivazione e l'introduzione di indicatori (topografici, vegetazionali, geotecnici ecc,) da monitorare per la verifica del raggiungimento degli obiettivi di ripristino ambientale, nel rispetto di un cronoprogramma maggiormente scadenzato e giustificato.

4.1. Fasi di ricomposizione del fronte a fine coltivazione

Come emerge in maniera dettagliata nello Studio di Impatto Ambientale, contestualmente alle fasi di coltivazione del giacimento sono previsti lavori di recupero vegetazionale della porzione di giacimento coltivato, mediante il riporto di un adeguato strato di terreno sui piani ultimati.

Relativamente al processo di inerbimento dei gradoni realizzati nel fronte superiore da quota 602 a quota 560 m s.l.m. è previsto un tempo pari a circa 6 mesi di lavoro.

Per quanto concerne la parte basale del fronte per l'inerbimento dei gradoni fra quota 560 e quota 490 m s.l.m è previsto un periodo di tempo pari a 34 mesi; anche se una parte dei piani di lavoro sarà poi inglobata nel processo di ricomposizione finale, è previsto comunque il riporto del terreno sui gradoni e l'inerbimento degli stessi, in quanto il fronte rimarrà comunque scoperto per numerosi anni prima del completamento delle opere di abbancamento.

Una volta completati i lavori di estrazione di materiali lapidei, sarà dato l'avvio al processo di ricomposizione ambientale attraverso sistemi di abbancamento realizzati con ricorso a tecniche di ingegneria naturalistica, secondo la seguente sequenza di attività:

- la fossa prevista al piano di base del giacimento a quota 460 m sarà colmata con rifiuti di estrazione fino a quota 475 m; per conseguire tale obiettivo è previsto l'impiego di 14.700 mc di materiale mentre per le operazioni di scarico e sistemazione dei rifiuti di estrazione è necessario un periodo di circa 6 mesi.
- per il riempimento con terre e rocce da scavo della zona ribassata da quota 475 m fino a quota 490 m s.l.m. è necessario un quantitativo di materiale pari a circa 195.000 mc; per le operazioni di abbancamento è stato valutato un periodo di circa 58 mesi;
- dopo aver riottenuto la quota di progetto (490 m s.l.m.) potrà avere inizio la vera e propria fase di ricomposizione ambientale che è stata suddivisa in due sottofasi; nella prima è previsto l'abbancamento progressivo di materiale per piani successivi sovrapposti da quota 490 a quota 505 m s.l.m per un quantitativo di materiale pari a 225.000 mc;
- nella seconda sottofase è previsto il completamento del processo di ricomposizione ambientale attraverso l'abbancamento di circa 300.000 mc distribuiti in piani fino al limite inferiore della parete esposta.

A fine capitolo è allegato il cronoprogramma dettagliato relativo al recupero dei gradoni di coltivazione e ai lavori di ricomposizione ambientale (V. ALLEGATO PUNTO 4).

Per quanto riguarda i piani di abbancamento è stata scelta, come soluzione progettuale per il consolidamento delle scarpate, il ricorso a terre rinforzate: la tecnica prevede la sovrapposizione di strati di terreno compattato successivi, fino al raggiungimento della quota di progetto, legati tra loro da reti o *"geogriglie"* di rinforzo che hanno lo scopo di assorbire gli sforzi di taglio.

Ogni singolo elemento delle terre rinforzate è costituito da un pannello rigido in rete elettrosaldata a maglia 15 x 15 cm accoppiato ad una geogriglia, geosintetico a struttura planare polimerica di elementi ad elevata resistenza a trazione, integralmente connessi.

L'angolo di scarpa frontale determinato dalla forma del pannello è pari a 65°.

Le geogriglie sono costituite da poliestere e/o polietilene e migliorano considerevolmente le caratteristiche al taglio del terreno per la intrinseca capacità di resistere a trazione. Il risvolto superiore delle geogriglie deve essere pari ad almeno 1.5 m mentre la stabilità locale dei singoli piani è correlata alla lunghezza alla base del rinforzo in geosintetico, non inferiore a 5 m.

Nella finitura frontale della terra rinforzata le geogriglie si possono accoppiare a biofeltri preseminati che accelerano il reimpianto vegetazionale.

Gli interventi in progetto comporteranno la possibilità di procedere al recupero dell’intera area, modellata a partire dalla base della superficie di escavazione, secondo la seguente sequenza:

1. predisposizione sul limite valle del piazzale a quota 490 m s.l.m. di una struttura in terre rinforzate di altezza pari a 5 m;
2. riempimento progressivo del piazzale fino ad una altezza massima di 5 m, con materiali di riporto provenienti da scavi in terreno naturale con l'accortezza di concentrare alla base i materiali a granulometria grossolana e nella porzione superiore, che rimarrà esposta e da rivegetare, la coltre di copertura ricca in sostanza organica;
3. rullatura e compattazione del materiale abbancato a strati di 0,4 m, verificando anche attraverso periodiche campionature e specifiche prove di laboratorio (prove di compattazione tipo Proctor) il grado di umidificazione ottimale per la costipazione dei vuoti;
4. inerbimento e piantumazione di essenze forestali consigliate sui piani esposti, secondo le tecniche e le indicazioni descritte negli elaborati specifici.
5. esecuzione progressiva dei nuovi piani di abbancamento procedendo verso l'alto con arretramento minimo di 7,5 m rispetto alla superficie di coronamento del piano sottostante, fino al completamento delle operazioni di ricostituzione del fronte di cava.

La ricomposizione ambientale avverrà quindi attraverso la riprofilatura del versante, ottenuta attraverso l'abbancamento di materiale proveniente da terre e rocce da scavo e ricorrendo alla tecnica delle terre rinforzate.

Lo strato di terreno più superficiale esposto sarà costituito da terreno vegetale sul quale si opererà il rinverdimento attraverso la semina di essenze erbacee e la messa a dimora di arbusti e piccoli alberi.

L'inerbimento avverrà su tutta la superficie del gradone (piana e scarpata derivante dalle terre rinforzate, escludendo ovviamente le scarpate in roccia) secondo le seguenti specifiche:

- per consentire la messa a dimora di essenze vegetali occorrerà provvedere, al di sopra dello strato di terreno estremamente compattato che caratterizza le terre rinforzate, al deposito di terreno vegetale non eccessivamente compattato in modo da consentire l'approfondimento e lo sviluppo dell'apparato radicale delle piante alto arbustive e arboree. Come noto la piantumazione, la semina e l'affrancamento delle essenze vegetali può avvenire con successo solo se il livello terroso è sufficientemente profondo e fertile.
- lungo tutto il profilo delle scarpate, di pendenza pari a circa 65°, realizzate con la tecnica delle terre rinforzate, verranno stese biostuoie, al fine di evitare che il ruscellamento possa innescare fenomeni erosivi sul terreno, compromettendo la stabilità e l'efficacia dell'opera.
- sulle pareti rocciose, laddove si fossero originate delle fratture con formazione di piccoli vacui (tasche), si provvederà a distribuire terreno vegetale misto a collanti organici, a concimi organici e a sementi di specie erbacee selezionate, idonee al sito.

4.2. Monitoraggio degli indicatori ambientali

Si ripropongono in questo paragrafo i criteri di monitoraggio di alcuni indicatori ambientali di valenza prioritaria. Per una disamina più dettagliata dei criteri di monitoraggio si rimanda al piano di sorveglianza e controllo allegato allo Studio di Impatto Ambientale.

Per quanto attiene alle acque sotterranee, per effettuare valutazioni di tipo quantitativo nella zona di abbancamento prevista a progetto, si prevede l'esecuzione in corso d'opera di n. 2 piezometri di diametro minimo pari a 3" ubicati rispettivamente a monte del settore di avanzamento in trincea e nella zona posta al limite inferiore del complesso estrattivo (V. ALLEGATO PUNTO 4).

L'installazione dei piezometri può essere effettuata contestualmente all'inizio dei lavori di ricomposizione ambientale, nel corso delle operazioni di riempimento della fossa a quota 460 m s.l.m.

La dinamica della eventuale tavola d'acqua nel sottosuolo potrà essere valutata tramite letture trimestrali per il primo anno di attività e semestrali per i successivi con freatimetro

elettroacustico munito di cavo centimetrato, in modo tale da assicurare la lettura riferita alla testa del tubo piezometrico.

Nella fase post-operativa si prevede una cadenza delle misure semestrale.

Per indagini di livello qualitativo è previsto il prelievo all'interno dei tubi piezometrici di campioni d'acqua da sottoporre ad analisi chimiche per la ricerca di pH; temperatura; conducibilità elettrica; As; Cd; Cr tot; Hg; Ni; Pb; Cu; Mg; Zn; cianuri; floruri; nitriti; solfati; idrocarburi totali da ripetere sia nel corso delle attività di abbancamento sia al termine delle stesse.

I parametri dovranno essere misurati ogni sei mesi nel primo anno, mantenendo poi una frequenza biennale in corso d'opera e protraendo le misure nella fase post-operativa per almeno quattro anni.

Si farà riferimento ai limiti di cui alla tabella 2 dell'allegato 5 alla parte IV del Dlgs 152/06.

Le fasi di coltivazione e ricomposizione ambientale della cava in oggetto dovranno essere oggetto di periodici rilevamenti topografici a cadenza almeno semestrale.

Le operazioni di rilevamento avranno la doppia funzione di accertare la corretta esecuzione dei lavori ultimati, e delineare il proseguimento delle attività previste nell'ambito di cava, seguendo le indicazioni progettuali autorizzate.

Le attività di monitoraggio prevedono l'impianto nell'area di cava di alcuni capisaldi fissi, (almeno tre), opportunamente posizionati e georeferenziati, ai quali riferire i successivi rilevamenti topografici planoaltimetrici, in modo da poter operare con una adeguata precisione in qualunque momento, sia in fase di coltivazione che di ricomposizione ambientale attraverso l'abbancamento di terre e rocce da scavo.

Fermo restando la possibilità di condurre misurazioni ogni qualvolta si ritenga necessario, la cadenza semestrale in fase operativa si ritiene sufficiente: le prime misure dovrebbero essere effettuate dopo 6 mesi dall'inizio dei lavori di ampliamento e rapportate per confronto con lo stato di fatto depositato agli atti.

Nel periodo di gestione post-operativa possono essere proseguiti i rilevamenti topografici sul rilevato completato per un periodo di 5 anni, con cadenza annuale a partire dalla fine dei lavori.

Si prevede che in corso d'opera anche il controllo con cadenza annuale delle sistemazioni a verde realizzate, preferibilmente nel mese di giugno, quando possa apprezzarsi appieno il rigoglio vegetativo e valutare quindi meglio le condizioni della vegetazione seminata o messa a dimora.

Infatti nei mesi invernali la valutazione potrebbe venire in parte falsata dalla condizione di dormienza, mentre nei mesi estivi più caldi (luglio e agosto) l'eventuale periodica siccità potrebbe portare alla precoce senescenza delle erbacee annuali, e quindi potrebbe altrettanto interagire sulla percezione delle condizioni effettive della vegetazione.

Le prime misure dovrebbero essere effettuate dopo 1 anno dall'inizio dei lavori di ampliamento e quindi il controllo sarà a cadenza annuale per i primi sei anni;

successivamente, con la vegetazione affrancata, il monitoraggio potrà normalizzarsi a cadenza biennale.

A lavori terminati, sia di coltivazione che di sistemazione a verde, si prevede il controllo quinquennale, fatto salvo per le eventuali sistemazioni a verde eseguite negli ultimi anni di coltivazione, per le quali il controllo sarà annuale per i primi 6 anni e successivamente biennale per altri quattro anni.

Nel corso della fase progettuale sono state effettuate numerose verifiche di stabilità relative allo stato finale delle opere di abbancamento, per le quali si rimanda all'elaborato relativo alle indagini geologiche.

Per quanto concerne gli accertamenti in corso d'opera si ritiene opportuna, al fine di ottemperare al disposto della lettera a) del comma 1 dell'art. 10 del D.Lgs n.117/08, una verifica di stabilità dello stato di fatto una volta raggiunta la quota di abbancamento pari a 505 m s.l.m.

Relativamente allo stato finale, a completamento delle opere di ricomposizione ambientale dovranno essere effettuate nuove verifiche di stabilità valutando i parametri da utilizzare in base alle verifiche geotecniche operate in corso d'opera.

L'abbancamento delle terre e rocce da scavo dovrà essere costantemente associato a operazioni di rullatura e compattazione del materiale accumulato: lo stato di compattazione in corso d'opera potrà essere valutato misurando la resistenza alla penetrazione dinamica attraverso Prove Penetrometriche in continuo.

Attraverso le correlazioni note nella letteratura geologica sarà possibile ricavare i parametri geotecnici relativi alla resistenza al taglio ed utilizzarli nelle verifiche di stabilità previste in corso d'opera e a fine lavori di abbancamento.

A livello di programmazione si possono indicare in corso d'opera frequenze di indagine ogni 2 piani di rilevato eseguiti, prevedendo 3 prove su ogni piano investigato.

A lavori conclusi potranno essere eseguite 3 prove penetrometriche dinamiche sui piani sommitali da eseguirsi in fase post-operativa ad almeno un anno di distanza dalla realizzazione del rilevato definitivo.

Oltre alla resistenza dinamica alla penetrazione si possono eseguire ulteriori verifiche attraverso periodiche campionature e specifiche prove di laboratorio (prove di compattazione tipo Proctor associate ad analisi granulometriche) per definire il grado di umidificazione ottimale per la costipazione dei vuoti.

I campionamenti e le prove appaiono opportuni nelle prime farsi di abbancamento ove occorre prevedere almeno 3 serie di campionamenti in corso d'opera sui piani realizzati a quota 495, 510 e 525 m s.l.m.

Punto 5: individuazione dei possibili accorgimenti tecnici e organizzativi da porre eventualmente in atto per limitare le immissioni acustiche sull'esterno qualora si verificassero situazioni particolarmente critiche, per entità e/o persistenza temporale, di disturbo acustico in relazione alle attività di cava.

Come già indicato nelle conclusioni dello studio di impatto ambientale - comparto rumore, la simulazione delle varie combinazioni di macchine operatrici ed operazioni di lavorazione nell'area di ampliamento della cava di calcare "Costa dei Sergi", sia per la coltivazione a regime sia per il ripristino finale, permette di dedurre il rispetto dei limiti di immissione sonora previsti dal Piano di Zonizzazione Acustica del Comune di Ne nei punti corrispondenti ai ricettori maggiormente esposti (edifici abitativi in località Arzeno).

Sono state indicate prescrizioni generali per limitare comunque al minimo la propagazione dell'energia sonora dall'area di lavorazione, considerata anche la tipologia delle sorgenti sonore e la loro disposizione in una zona impervia, tra cui:

- mantenere in perfetto stato di efficienza tutte le parti meccaniche e i motori a combustione dei mezzi operatori;
- all'atto di acquisto di nuovi mezzi, selezionare quelli con certificazione CE a minore livello di potenza sonora L_w
- evitare, per quanto possibile, di operare contemporaneamente con più di due escavatori e due pale;
- evitare, per quanto possibile, di operare contemporaneamente con la macchina perforatrice e l'escavatore-martellone;
- non eseguire possibilmente operazioni di frantumazione blocchi di roccia o lavorazioni analoghe se non in posizioni in trincea o comunque schermate da ostacoli naturali o sistemati artificialmente rispetto alla linea di vista con gli edifici abitativi di Arzeno;
- tenere i mezzi meccanici in attesa (escavatori, pale, camion) a motore spento.

Ulteriori possibili accorgimenti tecnici ed organizzativi da porre in atto, qualora si verificassero situazioni particolarmente critiche, sono:

- utilizzo delle macchine operatrici a maggiore emissione sonora (perforatrice ed escavatore-martellone) limitato unicamente alle fasce orarie 9.00÷12.00 e 15.00÷18.00;
- azione di informazione e formazione al personale operativo, escavatoristi, palisti ed autisti, per far si che durante le operazioni di carico del materiale le prime bennate siano effettuate con materiale a granulometria ridotta, in modo da costituire un "letto" sul cassone di carico che possa ammortizzare l'urto del materiale sversato successivamente. E' da tenere presente comunque che le operazioni di carico del materiale saranno eseguite su piazzali non schermati da trincea soltanto in una prima

fase, mentre in seguito avverranno sempre in trincea, che costituirà un importante elemento di attenuazione fisica “naturale” alla propagazione delle onde sonore:

- in caso di lavorazioni (disgaggio meccanico, movimentazione) con i mezzi operatori in zone direttamente esposte verso l’abitato di Arzeno (quote sommitali e porzioni frontali dei versanti), se non in contrasto con le necessarie condizioni di sicurezza, verranno posizionati blocchi e massi rocciosi per costituire una schermatura artificiale temporanea alla rumorosità emessa.

Punto 6: individuazione di modalità operative / tecniche e/o gestionali per limitare il disturbo indotto dalle esplosioni.

La tecnica usata in passato per la demolizione dei fronti di roccia tenace con l'esplosivo, durante la coltivazione della cava, è stata modificata e verrà utilizzato il sistema cosiddetto NONEL che consente una sensibile diminuzione dell'impatto acustico.

In pratica con tale sistema si evita l'uso della miccia detonante, che creava un violento crepitio, ed invece permette di innescare la carica esplosiva a fondo foro con connessioni ritardanti da 25 ms, che contengono minima carica esplosiva (0.4 gr) racchiusa in un supporto in PVC. Le porzioni residue del foro vengono riempite di inerte specifico a granulometria sabbiosa per attutire il rumore e migliorare la produttività.

Sarà possibile effettuare una ulteriore copertura con materiale fine (pietrisco e sabbia) della zona soggetta a volata, al fine di attenuare ulteriormente l'onda d'urto dovuta all'esplosione, nelle zone di coltivazione maggiormente esposte verso l'abitato di Arzeno.

In ogni caso l'operazione di sparo mine nei banchi di roccia, soggetta comunque ad autorizzazione regionale (Ufficio Cave), avviene con una cadenza non superiore a 1-2 volte a settimana, in orari stabiliti dalla Regione, ed è soggetta ad un rigido sistema di comunicazione con la Prefettura. Vi è inoltre un sistema di segnalamento con avvisatore acustico, prima e dopo lo sparo, codificato da un preciso regolamento, ai fini della sicurezza.

Con il ricorso alle tecniche e procedure descritte vi sarà una sensibile diminuzione dell'impatto acustico, limitato al più a brevissimi istanti temporali.

Punto 7: relazione e cartografia relativa ai lavori condotti in difformità rispetto al programma di coltivazione autorizzato: risulta necessario che le verifiche di stabilità prendano in considerazione l'attuale fronte estrattivo al fine di accertare la compatibilità di quanto oggi realizzato con l'equilibrio idrogeologico di cava.

In data 8 gennaio 2013 è stata redatta una integrazione alla relazione geologica per conformare la documentazione prodotta a corredo della variante e presentata in data 25 maggio 2012 allo stato di fatto attuale della porzione superiore del fronte roccioso, e per valutare le difformità emerse dal confronto dei nuovi elaborati con il progetto autorizzato dalla Giunta Regionale della Liguria con deliberazione n. 31 del 23/01/2004.

Al fine di adeguare gli elaborati allo stato reale del fronte sono state redatte nuove tavole grafiche sulla base di rilievi topografici aggiornati al dicembre 2012, in sostituzione dei rilievi effettuati nel 2011 per dare avvio alla variante. Si ripropone in questa sede una sintesi del documento a suo tempo prodotto.

A. Configurazione del fronte di cava

A1) Occorre sottolineare preliminarmente a qualsiasi considerazione che nella porzione sommitale del fronte, lato sud, un ampio settore autorizzato non è stato oggetto di coltivazione: la scelta è stata dettata da motivi di sicurezza in fase di coltivazione per non rendere troppo limitato e quindi vulnerabile il diaframma di roccia residuo.

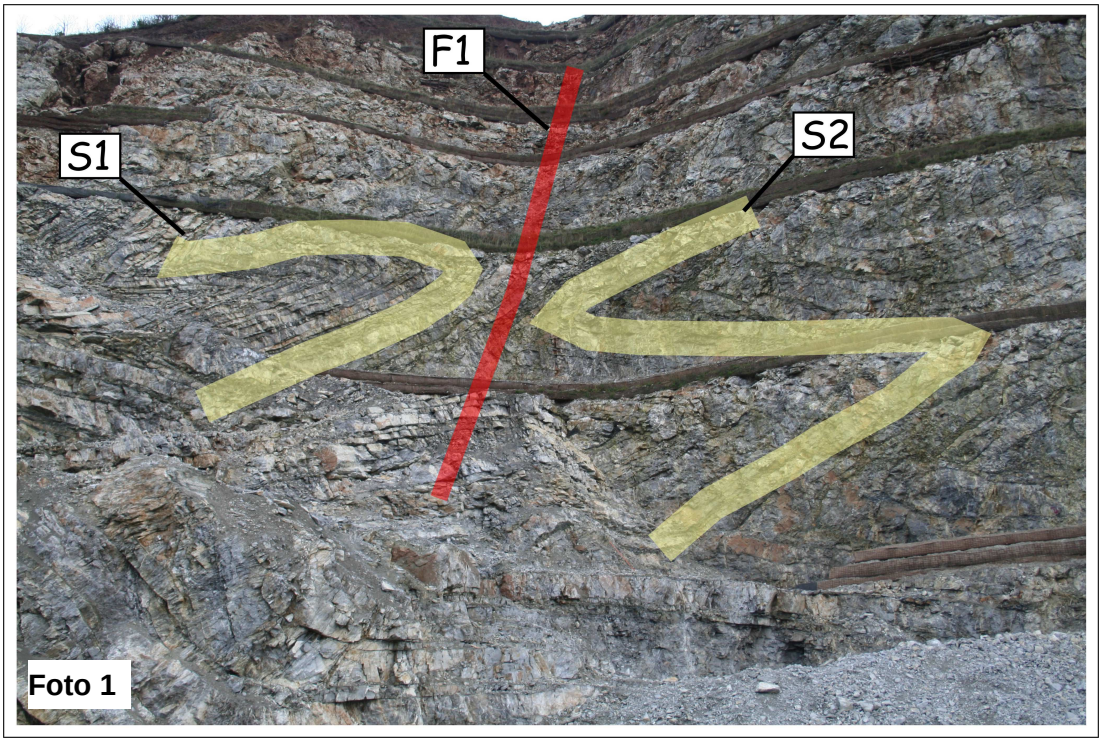


Foto 1

A2) Nel settore centrale è stata accentuata la concavità del fronte per cui i gradoni risultano flessi verso l'interno: tale difformità è stata determinata dalla presenza di un motivo tettonico significativo che si evidenzia attraverso la presenza di due pieghe coricate con vergenza contrapposta (Foto 1-2), i cui nuclei potrebbero essere separati da una discontinuità (F1). La piega ubicata più a nord presenta asse con direzione N 100 e vergenza N 190 (S1), mentre la piega ubicata più a sud presenta asse con direzione N 140 e vergenza N 50 (S2).
La somma delle deformazioni plastiche e rigide ha determinato un locale peggioramento nelle condizioni di conservazione dell'ammasso roccioso; di conseguenza per consentire l'esecuzione dei piani subverticali in condizioni di sicurezza in corrispondenza della zona di roccia più deformata i lavori di coltivazione hanno portato a un arretramento dei piani di scavo verso monte in tutto il settore centrale.

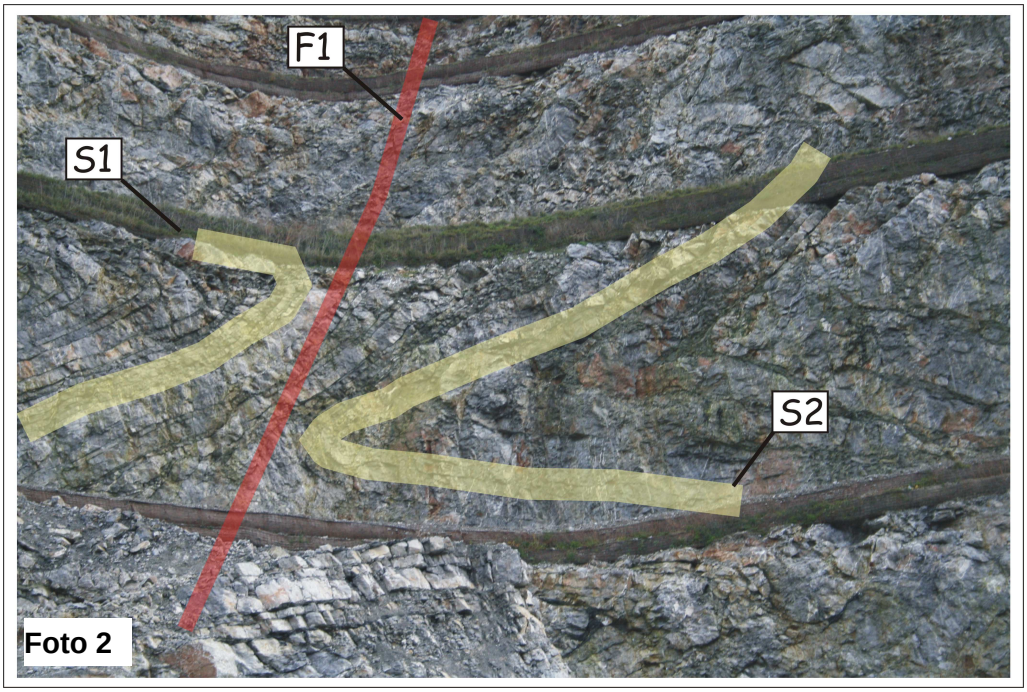


Foto 2

B. Sconfinamenti

Nella zona ove è ubicato il piazzale di cava attuale si è verificato uno sconfinamento in direzione sud di una porzione del ciglio di cava, con arretramento verso la zona di crinale della Costa dei Sergi.

L'ampliamento eccede i limiti della zona Ca del P.T.R.A.C. ma rientra ampiamente all'interno dei limiti di proprietà (mapp. 250).

Il rilevamento geomeccanico ha messo in evidenza, infatti, la presenza di due deformazioni rigide (Foto 3-4). La principale è orientata N 100 con immersione N 190, inclinazione di circa 80° (K1) ed è coniugata a un secondo piano con identica direzione e immersione N 10, parimenti inclinata (K3).

Il sistema di giunti ha determinato la formazione di un cuneo di scivolamento e l'assunzione della configurazione attuale del fronte a seguito di fenomeni di ribaltamento e crollo di porzioni di roccia successivi alle prime volate prodotte, con un arretramento del ciglio eccedente i limiti previsti a progetto.

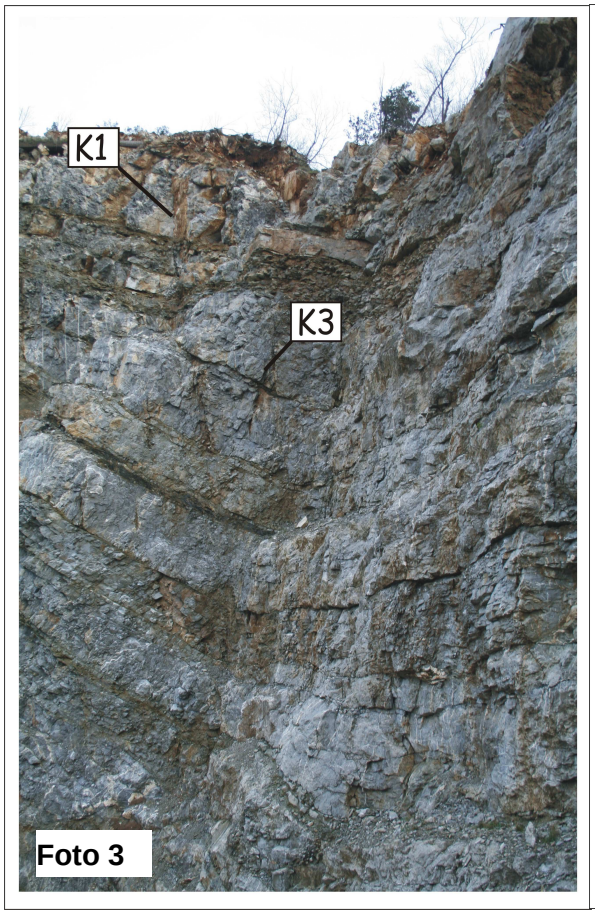


Foto 3

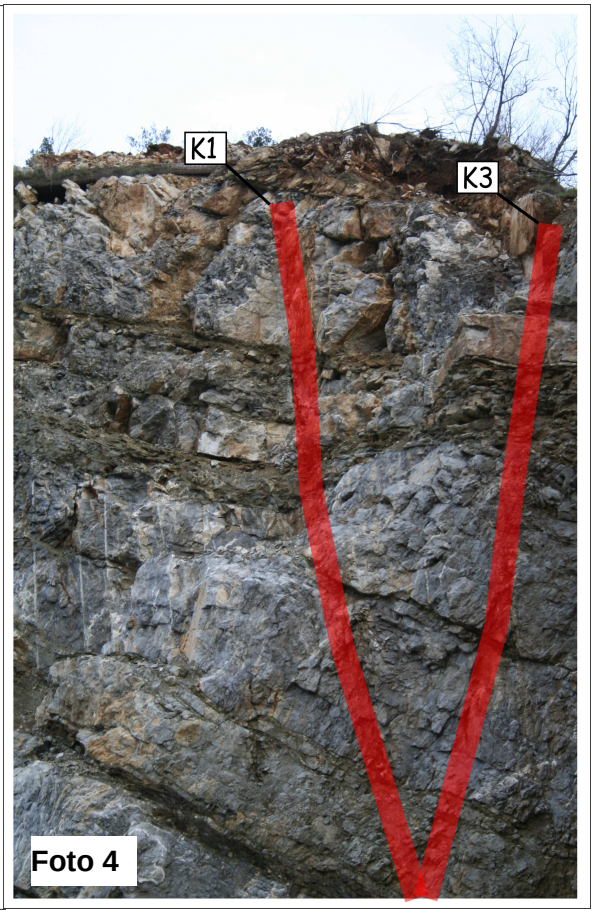


Foto 4

C. Difformità nella zona di accesso al fronte superiore

Tale problematica è stata diffusamente trattata negli elaborati prodotti nei rapporti tecnici precedenti ed è all'origine della presentazione di una precedente variante avente per oggetto la nuova viabilità di accesso alla zona di coltivazione sommitale.

La diversa configurazione delle rampe di acceso nel settore NNE è da mettere in connessione con la presenza di masse rocciose molto deformate a causa di intensi fenomeni di tettonizzazione che hanno indotto la D.L. a seguire un tracciato alternativo (Foto 5-6).



Foto 5



Foto 6

Successivamente, a seguito di diversi indirizzi aziendali, la variante specifica alla strada è stata ritirata (21 marzo 2011) per presentare una variante integrale che contenesse anche il progetto di ampliamento del complesso estrattivo.

Le difformità rispetto allo stato autorizzato nel 2004 assumono di fatto un significato secondario in quanto la variante in corso di approvazione prevede un avanzamento che ingloba la zona ove è stata creata la rampa di accesso alternativa e quindi un'asportazione completa delle masse rocciose di pertinenza del settore, con creazione di un nuovo fronte gradonato in grado di raccordarsi con quello recentemente realizzato.

Occorre sottolineare inoltre che relativamente all'insieme delle difformità individuate gli elaborati presentati sono stati presi come riferimento per avviare un procedimento di sanatoria.

Tutti gli accertamenti esperiti dalla Regione Liguria hanno permesso di concludere il procedimento e stabilire altresì l'entità del regime sanzionatorio: con Decreto n. 3763 del 27.09.2013 è stata accolta la domanda di *Accertamento di compatibilità paesaggistica ex art. 167 D.Lgs n 42/2004 e s.m. per interventi eseguiti in parziale difformità nell'ambito della cava "Costa dei Sergi" Comune di Ne.*

Il documento con cui viene notificata la conclusione del procedimento di sanatoria è trasmesso in allegato a fine capitolo.

Relativamente alle analisi di stabilità del fronte roccioso nello stato di progetto si precisa che tutte le verifiche successive sono state condotte partendo dallo stato di fatto così come rilevato all'atto della presentazione della revisione integrale della variante al programma di coltivazione (15 giugno 2013).

Anche le analisi di stabilità preparate a corredo del presente documento integrativo (PUNTO 7- FIGURE 1A-1B) e rese necessarie per riconsiderare le verifiche condotte in precedenza alla luce degli approfondimenti geognostici e geomeccanici eseguiti, prendono avvio da uno stato di fatto aggiornato attraverso gli ultimi rilievi topografici effettuati e prodotti contestualmente alla revisione della variante.

Tali verifiche sono state condotte secondo le modalità descritte al successivo punto 19. In particolare si specifica che rispetto alle analisi eseguite in precedenza si è provveduto a una modifica della parametrizzazione del materiale di abbancamento, adottando i valori riportati nel documento prodotto dallo Studio ELB Ing. Associati riferito alle verifiche di stabilità sul rilevato previsto al termine della coltivazione.

A titolo cautelativo nel modello di calcolo non si è tenuto conto del contributo alla stabilità del rilevato indotto dalla presenza sulla singola scarpata di più ordini di terre armate.

Le verifiche condotte mostrano coefficienti di sicurezza, intesi come rapporto tra forze resistenti e forze agenti, superiori a 1.1 e quindi le condizioni di stabilità locale e globale risultano soddisfatte.

Punto 8: approfondimento progettuale, geologico e geotecnico relativo alla ricomposizione della porzione del fronte dove sono state eseguite opere in difformità al progetto autorizzato. Al riguardo si chiede un affinamento sulla progettazione della sistemazione volta a verificare l'effettiva necessità di collocare alla base una scogliera e sagomare l'andamento sul terreno secondo rigide geometrie.

Per quanto concerne le modalità esecutive delle opere di ricomposizione ambientale della zona di sconfinamento e per i dati di carattere geologico si rimanda a quanto indicato al Punto 2 del presente rapporto tecnico.

Relativamente agli approfondimenti di carattere geotecnico sono state effettuate 2 verifiche di stabilità in condizioni statiche e dinamiche in corrispondenza della sezione 10 che attraversa la zona di abbancamento in direzione monte valle.

Gli esiti delle analisi di stabilità sono trasmessi in allegato alla fine del PUNTO 7.

Per quanto concerne la bastionatura in massi prevista al piede del rilevato occorre fare riferimento alla geometria del fronte roccioso nelle condizioni attuali: fra il ciglio superiore e la base del piazzale il dislivello è di circa 46 m; l'angolo di scarpa del fronte è pari a 53°.

L'ingombro del rilevato alla base è pari a 12 m circa: per mascherare una consistente parte del fronte è previsto un abbancamento fino a quota 566 m (22 m circa), con un angolo di scarpa complessivo pari a 35°.

In tali condizioni geometriche la scogliera in massi prevista alla base della zona di abbancamento deve essere considerata un' opera di presidio, necessaria alla stabilizzazione del rilevato che deve essere messo in sicurezza per consentire i successivi lavori di coltivazione previsti nel settore sottostante.

Sempre per motivi di sicurezza il piede del rilevato non è stato traslato in avanti, soluzione che avrebbe ridotto l'angolo di scarpa complessivo, in modo tale da non interferire con il ciglio del gradone di roccia sottostante e non determinare un sovraccarico nella zona più vulnerabile del gradone in roccia.

Punto 9: per tutte le fasi (ed eventualmente aumentando il numero delle stesse o introducendo nuove sottofasi) dovrà essere fornito un maggior dettaglio in relazione alle metodologie di scavo, di abbancamento dei materiali in uscita, di trasporto e di stoccaggio dei rifiuti, di deposito in attesa di utilizzo dei sottoprodotti, delle modalità di messa in opera delle coperture vegetali.

Nella fase preliminare all'avvio della coltivazione della porzione di giacimento oggetto di variante, sarà effettuata l'asportazione della coltre, mediante mezzi meccanici. Sono individuate due sottofasi:

Nella prima fase preliminare sarà eseguito un ampliamento della pista esistente a quota 570 con formazione di un piazzale, come rappresentato nelle Tavole 2b (planimetria) e 3b (sezioni 2 e 3) dell'allegato fuori testo del Punto 9. Sul coronamento del piazzale lato valle sarà predisposta un fila di massi con funzione di barriera protettiva di eventuali masse rocciose provenienti dal disgaggio del versante roccioso.

Nella seconda fase preliminare sarà realizzata una pista provvisoria di raccordo con le aree di cava già in coltivazione alle quote superiori, che consentirà la continuazione dei gradoni esistenti alla quota 588 e 602, di cui è prevista la prosecuzione, come rappresentato nelle Tavole 2c (planimetria) e 3c (sezioni 2 e 3) allegate fuori testo.

9.1. Modalità di scavo

Successivamente alle operazioni preliminari sopra descritte, si darà inizio alla coltivazione in senso stretto, secondo le seguenti modalità.

In termini di tecnica di coltivazione la realizzazione di ogni singolo gradone procederà per trance verticali successive, di altezza di 2/3 metri, rimuovendo il materiale con esplosivo e mezzi meccanici.

Relativamente all'inizio delle operazioni di scavo, una volta raggiunta la quota ove è previsto il gradone di riferimento, sarà effettuato un tracciamento per l'impostazione del nuovo gradone.

Lungo questa linea verranno eseguiti i fori per l'inserimento degli esplosivi a distanza molto ravvicinata, con il metodo descritto nel piano di coltivazione, al fine di minimizzare la quantità di esplosivo, di limitare nel contempo l'impatto acustico e di definire in maniera ottimale il profilo di scavo a progetto.

Il materiale disancorato dalla massa rocciosa sarà rimosso con adeguati mezzi meccanici presenti nell'impianto, riducendo eventualmente le porzioni di roccia eccedenti le dimensioni normalmente previste per i massi di quarta categoria, altrimenti non trasportabili.

Successivamente, in base al profilo ottenuto con la prima trancia si procederà all'esecuzione delle trance successive, predisponendo nuovi fori di mina, per raggiungere progressivamente le quote del gradone sottostante e il relativo profilo di progetto.

9.2. Modalità di abbancamento del materiale in uscita

Relativamente alla modalità di abbancamento del materiale in uscita gli stessi saranno disposti in cumuli in base alle caratteristiche dei massi e del tout-venant, in posizione idonea a favorire le operazioni di carico.

Tale ubicazione potrà variare progressivamente in modo da non ostacolare i successivi lavori di coltivazione.

9.3. Trasporto e stoccaggio dei rifiuti

I rifiuti da estrazione, provenienti dal frantoio, saranno gestiti secondo le modalità previste dal piano di gestione dei rifiuti ed in particolare stoccati nelle aree individuate nelle tavole grafiche.

Tali aree saranno eventualmente utilizzate per le operazioni di miscelazione, già previste ed autorizzate per la porzione di cava esistente con Decreto della Giunta Regionale 4463 del 1-11-2013.

In base a tale DGR, “l'utilizzo in fase di abbancamento dei fanghi deve essere preceduto da operazioni di miscelazione con terre e rocce da scavo naturali, provenienti dallo stesso cantiere o da altri cantieri edilizi, in percentuale non superiore al 20 %”.

Per quanto riguarda i sottoprodotti (terre derivanti dallo scotico delle coltri superficiali) la porzione non utilizzata per la miscelazione sopra descritta sarà accumulata temporaneamente nei piani di lavoro, caricata sugli automezzi e trasportata nei siti di riutilizzo, come previsto nello specifico piano redatto ai sensi del D.M. 161/2012.

9.4. Messa in opera delle coperture vegetali

Il terreno di scotico, ad elevato contenuto organico, sarà accantonato ed utilizzato per completare i lavori di ricomposizione ambientale lungo i singoli gradoni, al fine di favorire l'attecchimento delle specie erbacee ed arboree.

Punto 10: file tridimensionale georiferito nel sistema regionale riportante punti quotati e planimetria a curve di livello raccordata con la carta tecnica 1:5.000 con la situazione attuale, a fine coltivazione e a fine riqualificazione. Il rilievo dovrà essere particolarmente definito nelle zone di raccordo delle ricomposizioni ambientali con la topografia naturale, e nella zona di crinale secondario posta 517 e 573 m s.l.m.

E' stato elaborato un file tridimensionale a curve di livello, georiferito, con annesse schede relative ai capisaldi istituiti esternamente all'area di cava, con rappresentazione dello stato attuale, dello stato di fine coltivazione e di fine processo di riqualificazione ambientale.

Le schede relative ai capisaldi sono trasmesse a fine capitolo come allegato al PUNTO 10 mentre i file tridimensionali sono stati raccolti su un CD trasmesso in allegato.

Punto 11: approfondimento naturalistico circa la presenza di fauna di pregio nell'ambito, con particolare attenzione alle grotte censite e ad altri microhabitat collegabili al contesto carico. In particolare occorrerà quantificare gli impatti sulla metapopolazione di "Speleomantes strinatii" presente nell'area.

Gli approfondimenti richiesti sono già stati presentati in data 15 giugno 2013 sotto forma di *"Indagine Integrativa"* redatta dal dott. Fabrizio Oneto e dal dott. Filippo Demicheli ed allegata alla relazione naturalistica della Dott.ssa Claudia Vaccarezza (ALLEGATO 7 allo S.I.A).

Punto 12: carta geologica e degli affioramenti con elementi di geologia strutturale del tratto di versante compreso fra M. Ricasola, il T. Reppia, Rio Ricasola e Costa Ceisena, in scala almeno 1: 5.000

Le carte relative alle tematiche indicate sono allegate al testo del presente capitolo e derivano da una rielaborazione della cartografia ufficiale C.A.R.G. Sulla base del rilevamento effettuato sul terreno (PUNTO 12-FIGURE 1-2).

Punto 13: carta geomorfologica del tratto di versante compreso fra M. Ricasola , il T. Reppia, Rio Ricasola e Costa Ceisena, in scala almeno 1: 5.000

La carta relativa alla tematica indicata è allegata al testo del presente capitolo (PUNTO 13-FIGURA 1) e deriva da una rielaborazione della cartografia ufficiale C.A.R.G. effettuata attraverso un approfondito rilevamento sul terreno.

Come per le carte relative al punto precedente è stata utilizzata come base la CTR in scala 1:5000 riportante lo stato attuale del fronte di cava***.***

Punto 14: censimento delle sorgenti, studio idrogeologico e monitoraggio finalizzato a quantificare l'interferenza degli scavi con la circolazione idrica sotterranea, le sorgenti e i principali corsi d'acqua.

Per una più completa definizione del modello idrogeologico sono stati effettuati alcuni approfondimenti di indagine.

Relativamente al censimento delle sorgenti è stato consultato il Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico. Per quanto concerne la cartografia relativa al bacino significativo del T. Entella, è stata consultata la carta relativa ad Usi e Concessioni (Tav. 08 sez. 2), della quale si allega uno stralcio (V. ALLEGATO AL PUNTO 14), e la carta relativa alle geosorgenti captate e non captate (Tav. 10)

In base alla disamina effettuata risulta che, in un contorno significativo della cava, non è presente alcuna sorgente. La sorgente captata più prossima al complesso estrattivo si trova a N del Rio Ricasola, oltre la displuviale che delimita il versante orografico destro del Rio, ad una distanza di oltre 500 m dal limite N del complesso estrattivo.

E' segnalata inoltre una derivazione da un corso d'acqua ad uso consumo umano circa 100 m a S del crinale di Costa dei Sergi.

Contestualmente è stata inoltrata una richiesta al competente ufficio della Provincia di Genova per verificare se siano state rilasciate concessioni per la captazione di sorgenti successivamente alla pubblicazione del piano sul bilancio idrico.

Il documento di risposta trasmesso con nota protocollo n. 524/14 del 3 gennaio 2014 ed allegato a fine capitolo, indica che nell'area che delimita il complesso estrattivo e in un suo contorno significativo non risultano concessioni di derivazione acqua.

Per quanto concerne la circolazione idrica nell'ammasso carbonatico le perforazioni eseguite nel mese dicembre 2013 hanno permesso di confermare il modello idrogeologico profondo ipotizzato in precedenza, sulla scorta dei dati rilevati in corso di perforazione e dopo un congruo periodo di monitoraggio (ALLEGATO AL PUNTO 14 - FIGURE 1A-B).

In base a quanto osservato attraverso l'ispezione a mezzo telecamera si può escludere, come nelle previsioni, la presenza di una falda diffusa e permanente all'interno dell'ammasso carbonatico.

Nel corso della perforazione sono emerse tre vene d'acqua ubicate rispettivamente nel sondaggio S2 a quota 34-35 m dal p.c., nel sondaggio S3 a quota 41-44 m dal p.c. e nel sondaggio S5 a quota 33-34 m dal p.c. Negli altri due sondaggi non è stata rilevata alcuna circolazione idrica sotterranea.

Si conferma invece la presenza di una circolazione idrica concentrata in vene isolate che si sviluppa lungo sistemi di fratture, secondo il modello proposto nell'elaborato tecnico prodotto nel mese di giugno 2013: grazie alle perforazioni è stato possibile definire alcune quote ove emergeranno le acque sotterranee durante i periodi di precipitazioni intense.

Il regime appare strettamente legato alle variazioni meteorologiche in quanto l'ammasso roccioso ha svolto la funzione di serbatoio idrico dopo un periodo di piogge prolungate e intense.

Appare presumibile, e sarà oggetto di verifiche periodiche nel corso delle operazioni di monitoraggio, che dopo un prolungato periodo di siccità, le portate si riducano fino ad annullarsi.

Trattandosi di emergenze assimilabili ad acque sorgive potrà essere messo in opera un sistema di captazione e raccolta delle acque da utilizzare per la manutenzione delle opere di riassetto vegetazionale.

Punto 15: campagna geognostica e geofisica finalizzata a determinare: (i) la qualità del giacimento sull'intera area oggetto di futura coltivazione, (ii) le caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso, (iii) le caratteristiche geotecniche delle coperture, (iv) la circolazione delle acque sotterranee, (v) il chimismo dei materiali da scavo destinati a riutilizzo come sottoprodotti: dovranno essere fornite, sulla base di misure in sito statisticamente rappresentative in numero e distribuzione (anche verticale), le caratteristiche fisiche (peso specifico, peso di volume, grado di compattezza, coefficiente di porosità, coefficienti d'imbibizione, coefficiente di dilatazione), le caratteristiche sedimentologico petrografiche, la composizione chimico mineralogica, le caratteristiche meccaniche (resistenza alla compressione, modulo elastico, resistenza all'usura, resistenza all'urto), la determinazione delle direzioni ed immersioni delle principali discontinuità individuate, il grado di carsificazione dell'ammasso roccioso, il grado di fratturazione e la presenza e l'eventuale direzione di circolazione idrica;

Al fine di ottemperare a tale richiesta si è provveduto a integrare le indagini in sito già svolte attraverso la predisposizione di una specifica campagna geognostica corredata da indagini in sito e prove di laboratorio consistita in:

- n.5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1-S5);
- indagine videoispettiva in ciascuna perforazione e allestimento di tre verticali (S2, S4, S5) con tubo piezometrico da 2" al fine di accertare la presenza di una circolazione idrica sotterranea e monitorarne nel tempo la dinamica;
- esecuzione di n. 4 pozzetti di saggio diretto condotti con escavatore meccanico a braccio rovescio;
- prelievo di n. 13 campioni di roccia ed esecuzione di specifiche analisi e prove di laboratorio;
- prelievo di un campione in cumulo di tout-venant;
- prelievo di n.2 campioni indisturbati di terreno mediante fustella in acciaio.

In riferimento alla campagna geofisica richiesta si è ritenuto esaustivo quanto già eseguito nel 2011 (n. 2 stese sismiche a rifrazione con strumentazione multicanale a incremento di segnale) in corrispondenza delle aree di previsto ampliamento.

Le attività descritte sono state integrate dall'acquisizione dei risultati della Tesi di Laurea del Dott. Giorgio Campi "Il Bacino estrattivo dei Calcari a Calpionelle nella Val Graveglia: Apertura di una cava, aspetti giacimentologici e petrografico-applicativi (A.A. 2001-2002)" - Corso di Laurea in Scienze Geologiche.

Tale lavoro è stato affidato in previsione dell'apertura della cava oggetto della presente variante e ha riguardato la caratterizzazione mineralogico-petrografica, minerochimica e fisico-meccanica del materiale estratto condotto attraverso l'analisi macroscopica del lapideo,

lo studio di sezioni sottili mediante microscopia ottica in luce polarizzata trasmessa e di sezioni lucide al microscopio elettronico a scansione (SEM-EDS), mentre la caratterizzazione fisico-meccanica del materiale è stata effettuata attraverso specifiche analisi e prove di laboratorio (P.15-ALLEGATO 4) condotte presso il Laboratorio Erica di Massa (determinazione della massa volumica apparente, del coefficiente d'imbibizione e della resistenza all'abrasione).

Infine, per quanto riguarda il chimismo dei materiali da scavo destinati a riutilizzo è fatto riferimento ai certificati analitici di Tecno Piemonte S.P.A. forniti dalla Committenza e prodotti nell'ambito della marcatura CE dei sottoprodotti (P.15-ALLEGATO 5), utilizzati anche per integrare i dati petrografici e fisico-meccanici del materiale lapideo (peso di volume e resistenza alla compressione monoassiale su armourstone).

Sono di seguito descritte tutte le attività svolte.

1. CAMPAGNA GEOGNOSTICA

SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Complessivamente sono stati eseguiti n.5 sondaggi a rotazione ad asse verticale con recupero continuo di materiale; le prospezioni, identificate con S1-S5 e ubicate come riportato in P.15 ALL.1-FIGURA 1, sono state spinte a profondità compresa tra 40 m (S4-S5) e 50 m (S1-S2-S3) dal p.c., per complessivi 230 m.l. L'ubicazione e la profondità delle prospezioni dirette è stata scelta in modo da definire esaustivamente la qualità e le caratteristiche geomeccanico-strutturali dell'ammasso roccioso nell'ambito del settore oggetto di ampliamento.

Per l'esecuzione dei sondaggi è stato impiegato un carotiere semplice da 101 mm con corona in widia nel terreno sciolto e nel cappellaccio d'alterazione e un carotiere T6 con corona in diamante per la perforazione nel substrato roccioso.

Le prospezioni hanno permesso di constatare direttamente la stratigrafia del sottosuolo, costituita da un sottile orizzonte sciolto rimaneggiato, frammisto a riporto, sovrapposto al basamento roccioso calcareo, preceduto localmente da un livello lapideo fortemente alterato e fratturato (cappellaccio d'alterazione).

L'esecuzione delle perforazioni ha consentito di dettagliare sia arealmente sia verticalmente il diverso grado di fratturazione dell'ammasso roccioso attraverso la definizione di 3 classi di qualità distinte sulla base del valore di R.Q.D. secondo il seguente schema:

CLASSE 1: R.Q.D > 50%
CLASSE 2: 25< R.Q.D < 50%
CLASSE 3. R.Q.D < 25%

La sintesi di quanto effettuato è riportato nel prospetto seguente:

Sond.	Copertura sciolta/riporto	Cappellaccio d'alterazione	Basamento roccioso		
S1	**0.0-3.5 m**	**3.5-6.0 m**	**6.0-50.0 m**		
			CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
			6.0-23.0 m	23.0-50.0 m	-
S2	**0.0-1.6 m**		**1.6-50.0 m**		
		-	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
				1.6-50.0 m	
S3	**0.0-0.3 m**	**-**	**0.3-50.0 m**		
			CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
			0.3-21.0 m 22.0-35.5 m	21.0-22.0 m 35.5-50.0 m	
S4	**0.0-0.7**	**0.7-1.4 m**	**1.4-40.0 m**		
			CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
			2.2-17.4 m 21.0-40.0 m	17.4-21.0 m	1.4-2.2 m
S5	**0.0-0.5 m**		**0.5-40.0 m**		
			CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
			6.2-11.5 m 15.0-23.0 m	2.0-4.8 m 11.5-15.0 m 23.0-40.0 m	0.5-2.0 m 4.8-6.2 m

Per la stratigrafia di dettaglio di ciascun sondaggio, le specifiche tecniche di perforazione e la documentazione fotografica si rimanda a quanto contenuto nel P.15-ALLEGATO 2.

A fine carotaggio i fori di sonda S2, S4 e S5 sono stati condizionati con tubo piezometrico in PVC microfessurato da 2" attestato a fondo foro per il monitoraggio delle pressioni neutre.

I livelli idrici osservati nel corso delle perforazioni e misurati nel successivo periodo d'installazione dei piezometri sono riportati nella tabella seguente. Le oscillazioni dei livelli rilevati appaiono legati alla condizioni meteoclimatiche e sembrano confermare l'ipotesi di una circolazione in vene isolate lungo le discontinuità principali.

Data	Misura da p.c.		
	S2	**S4**	**S5**
13/12/13	-37,6	/	-33,0
18/12/13	/	/	/
27/12/13	-37,3	/	-33,5
31/12/13	-45,2	/	-38,5
04/01/14	-37,5	/	-33,4
08/01/14	/	/	/
17/01/14	-37,5	/	-34,0

INDAGINE VIDEOISPETTIVA

Al termine di ciascuna perforazione si è provveduto ad effettuare un'indagine videoispettiva con il duplice obiettivo di:

- ricostruire il quadro strutturale dell'ammasso roccioso attraverso la definizione delle direzioni ed immersioni delle principali discontinuità individuate e integrare quanto effettuato dall'analisi sistematica del materiale estratto in cassetta e dalle osservazioni di superficie sui fronti rocciosi già oggetto di coltivazione;
- verificare la natura della circolazione idrica nel sottosuolo accertata dal condizionamento dei fori di sondaggio con tubo piezometrico.

Le misure sono state in parte condizionate dalla necessità di operare immediatamente a fine perforazione e quindi in presenza di acqua di perforazione, impiegata in ingenti quantità, e di proteggere contestualmente una parte del foro con rivestimenti per evitare il rischio di piccoli crolli che avrebbero potuto danneggiare la videocamera, risultando la sequenza da osservare decisamente estesa.

Il rapporto relativo all'indagine svolto è trasmesso in allegato a fine capitolo

POZZETTI DI SAGGIO DIRETTO

Nella posizione indicata sulla allegata cartografia (P.15 ALL.1-FIGURA 1) sono stati eseguiti n. 4 pozzetti di saggio diretto con escavatore meccanico a braccio rovescio che hanno permesso d'integrare le conoscenze sulle caratteristiche fisico-meccaniche dell'orizzonte sciolto di natura eluvio-colluviale. Sono di seguito riportati tutti i risultati conseguenti:

POZZETTO PZ1: 49 m a N del sondaggio S1. Profondità 1.50 m

0.00 – 1.00 terreno limoso-argilloso, mediamente plastico con subordinata frazione sabbioso-ghiaiosa, colore marroncino ocra, asciutto
1.00 – 1.50 breccia eterometrica e trovanti lapidei ascrivibili al livello alterato e decompresso del substrato roccioso

POZZETTO PZ2: 27 m in direzione N dal sondaggio S1. Profondità 1.00 m

0.00 – 1.00 terreno limoso-argilloso, a medio-bassa plasticità con subordinata frazione sabbioso-ghiaiosa, colore marroncino ocra, asciutto
Da 1.00 breccia eterometrica e trovanti lapidei ascrivibili al livello alterato e decompresso del substrato roccioso
Campione indisturbato tra 0.50 e 1.00 da p.c.

POZZETTO PZ3: a 10 m in direzione NW dal sondaggio S1. Profondità 1.50 m

0.00 – 1.00 terreno limoso-argilloso, mediamente plastico con subordinata frazione sabbioso-ghiaiosa, colore marroncino ocra, asciutto
1.00 – 1.50 breccia eterometrica e trovanti lapidei ascrivibili al livello alterato e decompresso del substrato roccioso

POZZETTO PZ4: in corrispondenza della scarpata di monte del tornante a q. 484 m. Profondità 3.00 m

0.00 – 3.00 terreno limoso-argilloso, mediamente plastico con subordinata frazione sabbioso-ghiaiosa, colore marroncino ocra, asciutto
Da 3.00 breccia eterometrica e trovanti lapidei ascrivibili al livello alterato e decompresso del substrato roccioso
Campione indisturbato tra 0.50 e 1.00 da p.c.

ANALISI DI LABORATORIO

Durante le fasi di perforazione e al termine della campagna geognostica sono stati prelevati diversi campioni di terreno e di roccia da sottoporre ad analisi e prove di laboratorio e in particolare:

- n. 2 campioni indisturbati di terreno sciolto;
- n. 13 campioni di materiale lapideo rappresentativi delle condizioni geomeccaniche caratteristiche del substrato roccioso oggetto di coltivazione;
- n.1 campione in cumulo di tout-venant;

Anche in questo caso il numero e la distribuzione dei campioni di roccia è stata definita in modo da rappresentare arealmente e verticalmente le caratteristiche fisico-meccaniche del materiale, tenendo conto sia dei dati bibliografici disponibili (Campi, 2002) sia delle prove effettuate nell'ambito della marcatura CE dei sottoprodotti per quanto riguarda la determinazione della massa volumica apparente, del coefficiente d'imbibizione, della resistenza alla compressione semplice e della resistenza all'abrasione. Per il dettaglio dei risultati si rimanda alle certificazioni contenute nel P.15-ALLEGATO 3.

Per quanto riguarda il sottile orizzonte sciolto di natura eluvio-colluviale le determinazioni di laboratorio sono state integrate attraverso l'analisi visiva e diretta secondo prove speditive di campagna e mediante il confronto con affidabili fonti bibliografiche e risultati d'indagini in sito condotte dallo scrivente su terreni analoghi

Le caratteristiche del cappellaccio d'alterazione, costituito da scaglie e frammenti calcarei in scarsa matrice sabbioso-limosa, non hanno permesso il prelievo di campioni rappresentativi da sottoporre a specifiche prove di laboratorio. La definizione dei principali parametri fisico-meccanici è stata, pertanto, ottenuta su base bibliografica, assumendo per tale materiale il comportamento di un mezzo granulare mediamente addensato.

A) TERRENO SCIOLTO

Sui due campioni indisturbati sono state eseguite l'analisi granulometrica per via umida, la determinazione dei limiti di Attemberg.
A commento delle analisi geotecniche si può descrivere che:

- i terreni sono rappresentati in prevalenza da una frazione fine, determinata secondo la norma al vaglio #200, con valori compresi tra 44% e 54%;
- la frazione granulare è sempre subordinata e compresa tra il 16% e 28% (ghiaia) e tra il 28% e 30% (sabbia);
- il limite liquido presenta valori medio-alti, tra 36 e 39, in funzione della frazione fine presente nel campione;
- l'indice plastico mostra valori medio-bassi, tra 13.2 e 13.6, e pertanto i terreni sono da poco plastici, coerentemente con l'osservazione diretta del materiale escavato durante l'esecuzione dei pozzetti geognostici e con la relativa composizione granulometrica;
- in considerazione dell'accertata presenza di frazione fine, si ritiene che i materiali analizzati siano da ascrivere a un mezzo con comportamento coesivo, anche in considerazione delle caratteristiche del substrato roccioso calcareo di origine.

Per quanto attiene ai parametri di resistenza al taglio sul campione prelevato dal pozzetto Pz2 è stata eseguita una prova di taglio diretto che ha consentito di ricavare sperimentalmente un valore di coesione efficace (c') compresa di 7.4 kPa e un valore dell'angolo di attrito efficace di 29.3°.

B) SUBSTRATO ROCCIOSO

Le prove di laboratorio condotte sui campioni di roccia hanno consentito di definire i seguenti parametri fisico-meccanici:

- massa volumica allo stato naturale (n.5 determinazioni);
- resistenza alla compressione monoassiale in controllo di carico (n.5 determinazioni);
- taglio su giunto naturale (n.2 determinazioni);

La definizione del coefficiente d'imbibizione e della resistenza all'abrasione del lapideo sono state ricavate dalle prove condotte sullo stesso materiale nell'ambito della Tesi di Laurea del Dott. Giorgio Campi, che hanno permesso di sviluppare la caratterizzazione mineralogico-petrografica del lapideo e integrare anche i dati relativi alla massa volumica apparente.
Sono di seguito descritti i risultati ottenuti:

MASSA VOLUMICA APPARENTE (O PESO DI VOLUME)

Le prove di laboratorio hanno ottenuto i seguenti risultati:

Campione	**Valore (kN/m^3)**
S1-C1	26.27
S2-C1	25.84
S3-C1	26.26
S4-C3	26.14
S5-C1	26.30

Il range di valori ottenuto è compreso tra 25.84 kN/m^3 e 26.30 kN/m^3 che appare in sostanziale accordo con i dati bibliografici riferiti allo stesso materiale (Campi, 2002), indicati nel seguito per pronto riferimento:

Campione	**Val. (kg/m^3)**	**Val. (kN/m^3)**	**Campione**	**Val. (kg/m^3)**	**Val. (kN/m^3)**
01 Fianco	2702.13	26.49	01 Cerniera	2683.58	26.31
02 Fianco	2698.25	26.45	02 Cerniera	2694.94	26.42
03 Fianco	2701.29	26.48	03 Cerniera	2694.75	26.42
04 Fianco	2682.13	26.29	04 Cerniera	2694.91	26.42
05 Fianco	2678.71	26.26	05 Cerniera	2685.60	26.33

Tali risultati sono confermati anche dalla prova condotta sul materiale lapideo (armourstones) nell'ambito della marcatura CE dei sottoprodotti che ha registrato un valore di 2730 kg/m^3 (26.76 kN/m^3).

Confrontando i valori ottenuti con il range caratteristico dei principali litotipi sedimentari (TABELLA 1) è possibile constatare come il materiale oggetto di estrazione rientri all'interno del range delle rocce calcaree compatte.

TABELLA 1 (da Goodman, 1989 ridis.)			
Litotipo	**Peso di volume (kg/m^3)**	**Litotipo**	**Peso di volume (kg/m^3)**
Calcare	2300 - 2600	Marmo	2600 – 2800
Calcare compatto	2650 - 2850	Argillite	2200 – 2600
Arenaria	2300 - 2600	Conglomerato	2200 - 2500

COEFFICIENTE D'IMBIBIZIONE

Tale parametro è stato definito attraverso i dati bibliografici a disposizione sul materiale lapideo oggetto di coltivazione (Campi, 2002), riportati nel seguito per pronto riferimento

Campione	Valore (%)	Campione	Valore (%)
01 Fianco	0.16	01 Cerniera	0.40
02 Fianco	0.19	02 Cerniera	0.21
03 Fianco	0.16	03 Cerniera	0.21
04 Fianco	0.34	04 Cerniera	0.20
05 Fianco	0.27	05 Cerniera	0.34

I risultati riportati in precedenza sono confermati dalla determinazione condotta sul materiale lapideo (armourstones) nell'ambito della marcatura CE dei sottoprodotti che ha registrato un valore di 0.10% e appaiono sensibilmente inferiori rispetto ai valori bibliografici tipici di rocce calcaree massicce (TABELLA 2) e comuni ad altri litotipi compatti quali marmo e granito.

TABELLA 2 (da De Valleyo et Al., 2001 ridis.)			
Litotipo	**Coeff. d'imbibizione (%)**	**Litotipo**	**Coeff. d'imbibizione (%)**
Calcare massiccio	2 - 4	Marmo	0.1
Calcare tenero	5 - 25	Granito	0.1 – 0.6
Arenaria	1.5 - 7.0	Travertino	10 - 20
Conglomerato cementato	6 - 12	Tufo vulcanico	25 - 50

I risultati ottenuti su tale parametro hanno evidenziato come la matrice rocciosa possa essere considerata sostanzialmente impermeabile in condizioni d'integrità, non rendendo necessario procedere con la determinazione sperimentale della porosità.

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE IN CONTROLLO DI CARICO

Le prove di laboratorio hanno condotto ai seguenti risultati:

Campione	Valore (MPa)
S1-C1	94.09
S2-C1	74.05
S3-C1	117.38
S4-C3	106.19
S5-C1	148.93

Relativamente a tale parametro sono disponibili anche i dati relativi a prove di laboratorio condotte sul materiale lapideo (armourstones) nell'ambito della marcatura CE dei sottoprodotti, che si riportano nel seguito per pronto riferimento:

Campione	Valore (MPa)	Campione	Valore (MPa)
1	183.5	6	151.3
2	138.3	7	156.7
3	162.1	8	135.9
4	124.5	9	151.7
5	144.0	10	138.2
Valore medio	**148,6 MPa**		

Nel complesso i valori di resistenza alla compressione ottenuti mostrano una certa dispersione e rientrano in massima parte all'interno del campo valori tipico delle rocce calcaree (TABELLA 3), con una maggiore concentrazione in corrispondenza del limite superiore, dimostrando le buone proprietà meccaniche del materiale commercializzato.

TABELLA 3 (da De Valleyo et Al., 2001 ridis.)			
Litotipo	**Res. Compr. (MPa)**	**Litotipo**	**Res. Compr. (MPa)**
Calcare	55 - 140	Marna	30 -70
Dolomia	60 - 200	Basalto	80 - 200
Marmo	120 -200	Granito	70 - 200
Arenaria	40-100	Gneiss	60 - 200
Argillite	20 - 40	Rocce tenere	5 -25

I risultati sperimentali ottenuti a vario titolo evidenziano una moderata eterogeneità meccanica del materiale oggetto di coltivazione e pertanto sono stati tutti considerati nelle successive elaborazioni statistiche per ricavare i valori caratteristici e di progetto di resistenza alla compressione, da utilizzare nelle successive verifiche di stabilità del pendio.

MODULO ELASTICO E COEFFICIENTE DI POISSON

La determinazione della resistenza alla compressione con controllo di carico ha permesso la misura delle deformazioni assiali e diametrali, la restituzione delle curve sforzi-deformazioni, la definizione del modulo elastico (tangente e secante) e del coefficiente di Poisson.

I risultati ottenuti sono riassunti nel prospetto sottostante:

Campione	**Valore (MPa)**		
	Modulo tangente (MPa)	Modulo secante (MPa)	Coeff. di Poisson
S1-C1	52349	58030	0.26
S2-C1	54963	53732	0.34
S3-C1	64912	69833	0.31

S4-C3	56192	59759	0.25
S5-C1	61475	70243	0.28

I valori sperimentali ottenuti ricadono all'interno del range bibliografico indicato in bibliografia per litologie calcaree (TABELLA 4).

TABELLA 4 (da De Valleyo et Al., 2001 ridis.)		
Litotipo	**Modulo elastico (kg/cm^2)**	**Coefficiente di Poisson**
Basalto	17850-107100	0.27-0.32
Granito	14280-85680	0.26-0.30
Scisto	7140-85680	0.18-0.22
Calcare	21420-107100	0.24-0.45
Calcare poroso	3570-85680	0.35-0.45
Arenaria	3570-42840	0.20-0.45
Argilloscisto	3570-21420	0.25-0.45

GRADO DI COMPATTEZZA

I valori di resistenza alla compressione ottenuti hanno consentito di definire anche il grado di compattezza della roccia attraverso il seguente schema (Bruschi, 2005):

Rocce Tenere: resistenza alla compressione < 25 MPa;
Rocce compatte: 25 MPa < resistenza alla compressione < 250 MPa;
Rocce dure: resistenza alla compressione > 250 MPa;

Il materiale oggetto di estrazione ricade, pertanto, all'interno del range caratteristico delle rocce compatte.

RESISTENZA ALL'ABRASIONE

La valutazione della resistenza all'abrasione è stata ricavata dai dati bibliografici disponibili sul litotipo estratto (Campi, 2002) che si riportano nel seguito per pronto riferimento

Campione	**Ha**	**Campione**	**Ha**
01 Fianco	23.49	01 Cerniera	23.06
02 Fianco	19.51	02 Cerniera	22.71
03 Fianco	23.73	03 Cerniera	23.47
04 Fianco	18.72	04 Cerniera	22.35
05 Fianco	18.74	05 Cerniera	24.72
Valore medio	**20.84**	**Valore medio**	**23.26**

Convenzionalmente si assume:

Ha ≥ 28 Resistenza bassa;
22 < Ha < 28 Resistenza media
Ha ≤ 22 Resistenza elevata

I risultati ottenuti dalle prove indicano per il materiale esaminato una resistenza all'abrasione medio-alta.

Resistenza al taglio su giunto naturale

Le prove di resistenza al taglio sono state condotte scegliendo a titolo cautelativo dei giunti prevalentemente lisci e hanno consentito di ricavare sperimentalmente i valori coesione e di angolo di attrito sia in condizioni di picco sia residue. I range ottenuti sono riportati nel seguito:

<u>condizioni di picco:</u>
angolo di attrito: 40°-44.3°
coesione: 16-45 kPa

<u>condizioni residue</u>
angolo di attrito: 37°-43°
coesione: 0 kPa

Tali dati sono stati impiegati nell'ambito delle nuove analisi cinematiche sulle gradonature dei fronti in roccia nel settore nord. In particolare, a titolo cautelativo, nelle suddette verifiche si è scelto di utilizzare i parametri in condizioni residue, considerando esclusivamente il contributo attritivo attraverso l'introduzione del valore medio dell'angolo di attrito (φ=40°). I dati sperimentali relativi alla resistenza al taglio del campione prelevato nel sondaggio S3 non sono stati utilizzati in quanto riferiti al materiale di riempimento.

Caratteristiche mineralogico-petrografiche e minerochimiche

Le caratteristiche mineralogico-petrografiche e minerochimiche sono state definite attraverso lo studio di sezioni sottili mediante microscopia ottica in luce polarizzata trasmessa e di sezioni lucide al microscopio elettronico a scansione (Campi, 2002).

Lo studio in sezione sottile ha permesso di individuare tre principali classi di calcari (Dunham R.J., 1962): *mudstones*, *mudstone–wackestones* e *wackestone–packstones*.

La frazione fine è rappresentata da micrite relativamente omogenea, spesso ricristallizzata neomorficamente. Tra i costituenti organogeni (allochimici) prevalgono frammenti di Calpionelle, diageneticamente molto alterate, mentre gli elementi terrigeni sono rappresentati da clasti siltosi di quarzo e occasionalmente da miche. Sono stati riconosciuti, inoltre, reticoli di fratture cementate da calcite spatica sub-parallele alla stratificazione.

In particolare, nei campioni di calcare caratterizzati da una tessitura fango-sostenuta, con una percentuale di grani inferiore al 10% (*mudstones)*, sono più frequenti ossidi e solfuri, talvolta in forma dendritica rispetto agli elementi organogeni e terrigeni. Sono state individuate frequenti superfici di dissoluzione e stiloliti, caratterizzate da un residuo insolubile composto da ossidi di ferro e manganese e da minerali argillosi.

Nei calcari costituiti da una tessitura fango-sostenuta con una percentuale di grani sia inferiore sia superiore al 10% (*mudstone-wackestones)* sono prevalenti gli elementi allochimici e terrigeni, rappresentati rispettivamente da Calpionelle spesso ricristallizzate e da quarzo, miche e minerali argillosi.

Nei calcari che presentano una tessitura sia fango-sostenuta sia grano-sostenuta *(wackestone-packstones*) tra gli allochimici sono abbondanti i frammenti bioclastici calcitici (Calpionelle) immersi in una micrite scura, leggermente disomogenea e finemente ricristallizzata, mentre tra i componenti terrigeni sono frequenti granuli di quarzo e miche.

L'analisi delle sezioni lucide studiate al microscopio elettronico a scansione (SEM) ha consentito di approfondire alcuni aspetti microstrutturali e composizionali anche attraverso il riconoscimento delle fasi mineralogiche significative (composizione chimica della micrite e caratterizzazione della frazione silicoclastica) mediante la microanalisi qualitativa e quantitativa (EDS).

Nella roccia totale la fase mineralogica prevalente è la calcite, in granuli di dimensioni generalmente comprese tra 1 e 10 micron, con forma da arrotondata a sub-angolare.

La frazione allochimica è costituita in prevalenza da frammenti bioclastici di Calpionelle di forma da circolare ad ellittica con dimensione media da 40 a 60 micron.

La calcite, oltre a essere presente come fase primaria nei bioclasti e nella micrite, è individuabile come prodotto della ricristallizzazione secondaria in corrispondenza dei vacuoli e delle microfratture in aggregati mono e policristallini diageneticamente tardivi.

Tra i costituenti terrigeni è stata confermata la prevalenza di quarzo e di miche.

Le analisi minerochimiche condotte in finestra sulla roccia totale hanno permesso di indicare le seguenti concentrazioni medie in peso:

- CALCITE: 26-32%
- MAGNESIO: 0-1%
- SILICE: 5-12%
- ALLUMINIO: 1-2%
- POTASSIO: 0-1%
- FERRO: 1-2%

Nei campioni analizzati è possibile osservare un tenore in silice abbastanza elevato, giustificato dalla presenza di una significativa frazione terrigena. Tale risultato è in accordo con le osservazioni effettuate sui fronti lapidei esistenti e sulle carote di sondaggio che hanno permesso di accertare la presenza, all'interno della successione dei Calcari a Calpionella, di

strati di calcare più selcifero, ben riconoscibili macroscopicamente sia per le differenze cromatiche sia per l'intensa listatura.

In merito alla caratterizzazione minero-petrografica del materiale estratto si ritiene utile citare anche l'esame petrografico condotto nell'ambito della marcatura CE dei sottoprodotti (armourstone) effettuato attraverso un esame in sezione sottile con l'ausilio di un microscopio in luce polarizzata.

Lo studio condotto ha permesso di constatare l'origine sedimentaria della roccia esaminata, costituita da matrice micritica (calcarea) per circa il 90% del totale e da calcite cristallina (10%) per la parte restante. La matrice si presenta di colore scuro, aspetto compatto ed è solcata da sottili vene di calcite spatica.

Alla scala macroscopica sono state individuate alcune venature di calcite cristallina caratterizzate da una leggera patina di ossidazione di colore giallastro.

C) SOTTOPRODOTTI

Per quanto riguarda la definizione dei principali parametri costitutivi dei sottoprodotti si è provveduto a prelevare un campione di tout-venant su cui sono stati determinati:

- Contenuto d'acqua naturale;
- Peso di volume naturale;
- Peso specifico dei grani;
- Porosità;
- Indice dei pori;
- Coefficiente Los Angeles;

La definizione del chimismo dei sottoprodotti è stata ricavata dai certificati analitici di Tecno Piemonte S.P.A. nell'ambito della marcatura CE (P.15-ALLEGATO 5), utilizzati anche per integrare i dati petrografici e fisico-meccanici del materiale lapideo (resistenza alla frammentazione Los Angeles, coefficiente Micro-Deval).

Sono di seguito descritte tutte le attività svolte.

PARAMETRI FISICI

Le prove di laboratorio hanno registrato un peso di volume naturale di 27.02 kN/m^3, del tutto analogo ai valori ottenuti sul materiale lapideo prelevato dalle cassette catalogatrici dei sondaggi geognostici. I valori estremamente bassi del contenuto d'acqua (0.06-0.11%) e della porosità (0.39%) confermano la limitata permeabilità primaria del materiale lapideo, già evidenziata dalle prove fisico-meccaniche bibliografiche (Campi, 2002).

Il peso specifico dei grani (2.71 Mg/m^3) rientra all'interno del range bibliografico caratteristico dei calcari-calcari compatti e risulta comune ad altre tipologie di rocce dure quali graniti, anfiboliti e gneiss (TABELLA 2).

TABELLA 2 (da Goodman, 1989 ridis.)			
Litotipo	**Densità (Mg/m^3)**	**Litotipo**	**Densità (Mg/m^3)**
Calcare	2.70 - 2.74	Gneiss	2.67 - 3.05
Calcare compatto	2.70 - 2.90	Anfiboliti	2.75 - 3.15
Arenaria	2.64 – 2.72	Travertino	2.69 – 2.72
Granito	2.62 - 2.85	Basalto	3.00 - 3.15

RESISTENZA ALLA FRAMMENTAZIONE LOS ANGELES

Tale prova consente di misurare simultaneamente il consumo per attrito e la tendenza alla frantumazione del materiale oggetto della prova, espresse dal coefficiente Los Angeles che indica la percentuale della frazione fine (inferiore a 1.7 mm) prodottasi e allontanata per setacciatura.

Il valore ottenuto sul tout-venant è pari a 23 ed è assolutamente in linea con gli analoghi ricavati su pietrisco (21-26) e risetta (22-26) nell'ambito della marcatura CE dei sottoprodotti.

DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE MICRO-DEVAL

Tale parametro è stato determinato su massi, pietrisco e risetta, è definito come la percentuale di materiale fine prodotto dall'azione esercitata da sfere di acciaio standardizzate entro l'apparecchio Micro-Deval e qualifica gli aggregati per uso stradale.

Le prove condotte nell'ambito della marcatura CE dei sottoprodotti hanno permesso di ricavare un valore del coefficiente Micro-Deval di 11 per i massi, tra 21 e 25 per la risetta e tra 18 e 23 per i pietrischi.

2) SINTESI DELLE INDAGINI

Le indagini integrative effettuate hanno permesso di approfondire le tematiche geologico-applicative affrontate nella documentazione già agli atti e di determinare con un maggior dettaglio:

- le caratteristiche geotecniche delle coperture;
- le caratteristiche fisico-meccaniche del cappellaccio d'alterazione del substrato roccioso;
- le caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso strutturato;
- la qualità del giacimento sull'intera area oggetto di futura coltivazione;
- la circolazione delle acque sotterranee;
- il chimismo dei materiali da scavo destinati a riutilizzo come sottoprodotti;
- le direzioni e immersioni delle principali discontinuità
- il grado di carsificazione dell'ammasso roccioso;

- il grado di fratturazione dell’ammasso roccioso;
- la presenza e l’eventuale direzione di circolazione idrica;

Sono di seguito descritte tutte le tematiche riportate in precedenza

2A) CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELLE COPERTURE

Tale orizzonte, costituito da una prevalente matrice limoso-argillosa con subordinata frazione sabbioso-ghiaiosa, in percentuali generalmente inferiori al 30-40%, è presente con una certa uniformità nell’ambito dell’area oggetto di futura coltivazione, con uno spessore contenuto entro 1-2 m nella parte medio-alta del versante e un incremento della potenza nel settore medio-basale del pendio.

Il comportamento geotecnico non è facilmente riconducibile ad una tipologia ben precisa: stante la percentuale del passante al vaglio #200 compresa tra 44% e 54% si ritiene più corretto assimilare questo terreno a un mezzo con comportamento geotecnico coesivo.

Per quanto attiene ai parametri costitutivi sulla base della bibliografia esistente è possibile attribuire al materiale un peso di volume naturale di 19-20 kN/m^3; mentre i parametri di resistenza sono stati ricavati sperimentalmente dalla prova di taglio diretto che ha consentito di ottenere una coesione efficace (c') di 7.4 kPa e un valore dell'angolo di attrito efficace di 29.3°.

Tale risultato appare coerente con dati bibliografici su terreni originati dall’alterazione di litologie carbonatiche che confermano la presenza di un contributo coesivo intrinseco alla resistenza meccanica del materiale, indotto dalla presenza nel sistema naturale del carbonato di calcio quale sostanza cementante.

2B) CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEL CAPPELLACCIO D’ALTERAZIONE

Si tratta di un materiale eterogeneo, di transizione tra la copertura sciolta superficiale e il basamento roccioso in facies tipicamente litoide, costituito da scaglie e frammenti a composizione prevalentemente calcarea in scarsa matrice sabbiosa.

Tale orizzonte è stato intercettato dalle indagini geofisiche condotte nel 2011 e dal sondaggio geognostico S1, fino a una profondità di circa 5-6 m da p.c., mentre in corrispondenza delle altre perforazioni tale orizzonte risulta assente o scarsamente rappresentativo in termini verticali (spessore inferiore al metro).

La natura eterogenea di questo livello non permette di ricondurlo con precisione a una tipologia geotecnica ben definita, in considerazione della natura e delle caratteristiche dedotte dalle indagini geofisiche e dalle perforazioni geognostiche si ritiene condivisibile assimilarlo a una ghiaia densa, assumendo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb (trascurando pertanto gli effetti di dilatanza che comportano un inviluppo non-lineare) per la definizione dei parametri di resistenza.

Per quanto attiene ai parametri geotecnici, dedotti su base bibliografica, si può indicare un peso di volume naturale di 23-24 kN/m^3, relativamente ai parametri di resistenza si ritiene sufficientemente cautelativo attribuire al materiale descritto valori dell'angolo di attrito efficace compresi tra 36° e 38° e coesione drenata nulla.

2C) CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO

La ricostruzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso è stata effettuata attraverso l'applicazione del metodo Rock Mass Rating (R.M.R.) di Bieniawski (1989), che costituisce un sistema empirico di provata efficacia nella pratica professionale.

Gli elementi necessari per applicare questo sistema sono stati ricavati in maniera integrata, utilizzando le informazioni ottenute con le indagini svolte e in particolare:

- rilevamento strutturale su affioramento, che ha consentito la determinazione della persistenza dei giunti e la taratura delle principali caratteristiche delle discontinuità ricavate dalle analisi delle carote estratte dai sondaggi;
- analisi di dettaglio dei sondaggi, con definizione dei valori del Rock Quality Designation (R.Q.D.) e rilevamento sistematico delle caratteristiche delle discontinuità (spaziatura, morfologia a microscala, riempimento e condizioni di conservazione delle pareti);
- elaborazione dei dati ottenuti mediante specifici grafici di frequenza percentuale di ciascun parametro (P.15 ALL.1-TABELLE 1-5);
- utilizzo delle prove di laboratorio condotte sui campioni prelevati, dei dati bibliografici riferiti alla stessa Formazione lapidea e delle prove condotte nell'ambito della marcatura CE dei sottoprodotti per la determinazione delle caratteristiche di resistenza della matrice rocciosa (Campi, 2002).

La classificazione RMR (Rock Mass Rating) di Bieniawski (1989) si basa sul rilievo di sei parametri caratteristici, la cui somma permette di suddividere gli ammassi rocciosi in cinque categorie di qualità.

Al fine di dettagliare sia arealmente sia verticalmente le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso, si è scelto di ricavare per il singolo sondaggio il valore caratteristico dell'R.M.R. di ciascuna delle tre classi di qualità, ottenute sulla base di un diverso range di valori di R.Q.D., sintetizzato nel seguito:

CLASSE 1: R.Q.D > 50%
CLASSE 2: 25% < R.Q.D < 50%
CLASSE 3. R.Q.D < 25%

In particolare, per alcuni parametri della classificazione RMR sono state osservate condizioni piuttosto disperse, per cui si è scelto di attribuire a questi un doppio valore di

punteggio valevole, rispettivamente per le condizioni medie rappresentative e per quelle peggiori dell'ammasso.

R1 - Resistenza alla compressione monoassiale: è stata determinata mediando risultati delle prove di laboratorio condotte in questa sede con i valori ottenuti nell'ambito della marcatura CE dei sottoprodotti. Tale analisi statistica ha consentito di ottenere un valore medio di 135,12 MPa, a cui è stato associato un punteggio parziale di **12**, attribuito indistintamente a tutti i sondaggi e a tutte le classi di qualità

R2 – R.Q.D.: definisce il recupero percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 10 cm. E' fornito il valore minimo e massimo delle diverse classi di qualità per ogni sondaggio e il relativo punteggio parziale:

SONDAGGIO 1

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	51	10	51	10
CLASSE 2	28	6	31	7

SONDAGGIO 2

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 2	26	6	32	7

SONDAGGIO 3

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	52	10	58	12
CLASSE 2	25	6	40	8

SONDAGGIO 4

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	56	11	64	13
CLASSE 2	46	9	46	9
CLASSE 3	13	4	13	4

SONDAGGIO 5

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	52	10	55	11
CLASSE 2	30	7	43	9
CLASSE 3	16	5	18	5

R3 - Spaziatura discontinuità: intesa come la distanza fra due discontinuità contigue appartenenti alla stessa famiglia. Dal rilevamento condotto emerge una notevole dispersione

nei valori: al fine di una più completa definizione del parametro, è stato proposto per ciascun sondaggio e per ciascuna classe un doppio intervallo, indicato nel prospetto sottostante:

SONDAGGIO 1

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	< 6	5	20-60	10
CLASSE 2	< 6	5	6-20	8

SONDAGGIO 2

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 2	<6	5	6-20	8

SONDAGGIO 3

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	<6	5	6-20	8
CLASSE 2	<6	5	6-20	8

SONDAGGIO 4

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	<6	5	6-20	8
CLASSE 2	<6	5	6-20	8
CLASSE 3	< 6	5	< 6	5

SONDAGGIO 5

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	<6	5	6-20	8
CLASSE 2	< 6	5	20-60	10
CLASSE 3	< 6	5	< 6	5

R4 - Condizioni dei giunti: l'indicazione delle condizioni medie delle discontinuità individuate comprende valutazioni articolate, il cui punteggio complessivo è fornito dalla somma delle seguenti caratteristiche:

Persistenza: valutata sulla base degli affioramenti presenti all'intorno è stata attribuita ai giunti una persistenza media (3-10 m) da cui un punteggio di 2;

Apertura delle discontinuità: definita come la distanza esistente tra le pareti aperte di un giunto. Anche in questo caso dal rilevamento condotto emerge una notevole dispersione nei valori: al fine di una più completa definizione del parametro, è stato proposto per ciascun sondaggio e per la singola classe di qualità un doppio intervallo, indicato nel prospetto sottostante:

SONDAGGIO 1

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	0.1-1	4	1-5	1
CLASSE 2	0.1-1	4	1-5	1

SONDAGGIO 2

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 2	0.1-1	4	1-5	1

SONDAGGIO 3

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	0.1-1	4	0.1-1	4
CLASSE 2	0.1-1	4	1-5	1

SONDAGGIO 4

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	0.1-1	4	0.1-1	4
CLASSE 2	0.1-1	4	1-5	1
CLASSE 3	1-5	1	1-5	1

SONDAGGIO 5

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	0.1-1	4	0.1-1	4
CLASSE 2	0.1-1	4	0.1-1	4
CLASSE 3	0.1-1	4	1-5	1

Rugosità: è stata definita sulla base del J.R.C. mantenendo distinte le diverse classi di qualità per ciascuna verticale di perforazione.

SONDAGGIO 1

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	4	3	10	3
CLASSE 2	2	1	8	3

SONDAGGIO 2

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 2	4	3	8	3

SONDAGGIO 3

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	0	1	6	3
CLASSE 2	4	3	8	3

SONDAGGIO 4

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	2	1	6	3
CLASSE 2	2	1	4	3
CLASSE 3	2	1	8	3

SONDAGGIO 5

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	2	1	4	3
CLASSE 2	2	1	4	3
CLASSE 3	2	1	8	3

Riempimento: in tutti i sondaggi eseguiti sono state riscontrate in massima parte discontinuità prive di riempimento, da cui è stato attribuito per ciascuna classe un punteggio 6;

Alterazione: anche in questo caso dal rilevamento condotto emerge una notevole dispersione nei valori: al fine di una più completa definizione del parametro, è stato proposto per ciascun sondaggio e per ciascuna classe un doppio intervallo, indicato nel prospetto sottostante:

SONDAGGIO 1

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	MEDIAM	3	MEDIAM	3
CLASSE 2	MEDIAM	3	LEGGERM	5

SONDAGGIO 2

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 2	LEGGERM	5	LEGGERM	5

SONDAGGIO 3

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	NON ALTER	6	LEGGERM ALT	5
CLASSE 2	LEGGERM	5	MEDIAM	3

SONDAGGIO 4

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	NON ALTER	6	LEGGERM ALT	5
CLASSE 2	LEGGERM	5	MEDIAM	3
CLASSE 3	MEDIAM	3	MOLTO ALT	1

SONDAGGIO 5

	VALORE MIN	PUNTEGGIO	VALORE MAX	PUNTEGGIO
CLASSE 1	LEGGERM	5	MEDIAM	3
CLASSE 2	MEDIAM	3	MEDIAM	3
CLASSE 3	MOLTO ALT	1	MEDIAM	3

R5 - Condizioni idrauliche: stando a quanto constatato in sito durante la videoispezione e nella successiva attività di monitoraggio, si assegnano lungo i giunti interessati da una circolazione idrica (CLASSE 2-SONDAGGIO 2; CLASSE 2-SONDAGGIO 5) condizioni da umide a bagnate (punteggio 7-10), mentre nelle porzioni rimanenti sono state assunte condizioni asciutte (punteggio 15).

Per ciò che concerne l'indice RMR_{base}, ossia senza assegnare il punteggio corrispondente all'orientazione dei giunti rispetto al pendio, si è proceduto applicando la seguente relazione:

$$B_{RMR}('89) = (R1+R2+R3+R4+R5)$$

Da cui si ottiene:

SONDAGGIO 1

	VALORE MIN	VALORE MAX
CLASSE 1	**57**	**65**
CLASSE 2	**47**	**62**

SONDAGGIO 2

	VALORE MIN	VALORE MAX
CLASSE 2	**47**	**57**

SONDAGGIO 3

	VALORE MIN	VALORE MAX
CLASSE 1	**60**	**68**
CLASSE 2	**53**	**63**

SONDAGGIO 4

	VALORE MIN	VALORE MAX
CLASSE 1	**61**	**69**
CLASSE 2	**54**	**64**
CLASSE 3	**47**	**51**

SONDAGGIO 5

	VALORE MIN	VALORE MAX
CLASSE 1	**58**	**66**
CLASSE 2	**47**	**59**
CLASSE 3	**48**	**55**

2D) QUALITÀ DEL GIACIMENTO SULL'AREA DI COLTIVAZIONE

Il valore dell'indice RMR, necessario per l'assegnazione della classe di qualità della roccia, può essere determinato valutando anche l'orientazione delle discontinuità in rapporto alla disposizione del pendio.

Nel caso di specie è stata valutata una disposizione prevalentemente a traverpoggio del giunto di strato rispetto al pendio, unitamente all'assenza di situazioni di criticità diffusa lungo altre famiglie di discontinuità rilevate sull'affioramento. Tali condizioni permettono di assegnare all'orientazione della discontinuità il punteggio di –5 (classe "favorevole"): di conseguenza procedendo con la relazione (P.15-ALL.1-TABELLA 6):

$$RMR_{corretto}=B_{RMR}+R6 = B_{RMR}-5$$

si ricavano i seguenti valori:

SONDAGGIO 1

	VALORE MIN	CL. DI QUALITÀ	VALORE MAX	CL. DI QUALITÀ
CLASSE 1	**52**	DISCRETA	**60**	DISCRETA
CLASSE 2	**42**	DISCRETA	**57**	DISCRETA

SONDAGGIO 2

	VALORE MIN	CL. DI QUALITÀ	VALORE MAX	CL. DI QUALITÀ
CLASSE 2	**42**	DISCRETA	**52**	DISCRETA

SONDAGGIO 3

	VALORE MIN	CL. DI QUALITÀ	VALORE MAX	CL. DI QUALITÀ
CLASSE 1	**55**	DISCRETA	**63**	BUONA
CLASSE 2	**48**	DISCRETA	**58**	DISCRETA

SONDAGGIO 4

	VALORE MIN	CL. DI QUALITÀ	VALORE MAX	CL. DI QUALITÀ
CLASSE 1	**56**	DISCRETA	**64**	BUONA
CLASSE 2	**49**	DISCRETA	**59**	DISCRETA
CLASSE 3	**42**	SCADENTE	**46**	DISCRETA

SONDAGGIO 5

	VALORE MIN	CL. DI QUALITÀ	VALORE MAX	CL. DI QUALITÀ
CLASSE 1	**53**	DISCRETA	**61**	BUONA
CLASSE 2	**42**	DISCRETA	**54**	DISCRETA
CLASSE 3	**43**	DISCRETA	**50**	DISCRETA

Complessivamente sono stati ottenuti valori di $RMR_{corretto}$ tra 42 e 64 che consentono di classificare l'ammasso roccioso in termini di qualità tra buona (classe II) e discreta (classe III), con una netta prevalenza di quest'ultima sia arealmente sia verticalmente.

Un approccio più moderno per la determinazione della qualità della roccia è quello che prevede l'uso del G.S.I. secondo il concetto sviluppato da Hoek di combinare l'assetto strutturale dell'ammasso con le caratteristiche delle discontinuità che lo separano, in modo da ottenere un indice che permetta il suo utilizzo per una valutazione accurata della resistenza e della deformabilità di un ammasso roccioso, correlato al valore del RMR di Bieniawski (1989), introducendo un predeterminato punteggio relativo alle condizioni idrauliche (R5=15) e all'orientazione dei giunti (R6=0) secondo la relazione:

$$GSI = RMR('89)-5 = (R1+R2+R3+R4+15) -5$$

Sulla base del punteggio ottenuto mediante la classificazione di Bieniawski è possibile ricavare i seguenti range di valori:

SONDAGGIO 1

	VALORE MIN	VALORE MAX
CLASSE 1	**52**	**60**
CLASSE 2	**46**	**57**

SONDAGGIO 2

	VALORE MIN	VALORE MAX
CLASSE 2	**50**	**57**

SONDAGGIO 3

	VALORE MIN	VALORE MAX
CLASSE 1	**55**	**63**
CLASSE 2	**48**	**58**

SONDAGGIO 4

	VALORE MIN	VALORE MAX
CLASSE 1	**56**	**64**
CLASSE 2	**49**	**59**
CLASSE 3	**42**	**46**

SONDAGGIO 5

	VALORE MIN	VALORE MAX
CLASSE 1	**53**	**61**
CLASSE 2	**50**	**59**
CLASSE 3	**43**	**50**

Considerando quanto riportato da Marinos & Hoek (2000) per rocce calcaree la CLASSE 1 (52-64) e la CLASSE 2 (46-59) ricadono all'interno del campo valori dei calcari massivi, mentre la CLASSE 3 (42-50) è inserita nel campo valori dei calcari fittamente stratificati (P.15-ALL.1-TABELLA 7)

2E) LA CIRCOLAZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE

In riferimento a tale aspetto si rimanda a quanto contenuto al Punto 14.

2F) IL CHIMISMO DEI MATERIALI DESTINATI A RIUTILIZZO COME SOTTOPRODOTTI;

La definizione delle caratteristiche chimiche dei materiali destinati al riutilizzo come sottoprodotti è stata ricavata dalle analisi effettuate nell'ambito della marcatura CE dei materiali estratti e relative alla determinazione di:

- contaminanti leggeri;
- sostanza humica;
- zolfo totale;
- cloruri;
- solfati.

I primi due parametri sono stati ricavati su sabbia, pietrisco e risetta e hanno evidenziato in tutti i casi l'assenza di contaminanti leggeri e una colorazione più chiara della soluzione tipo di riferimento. La determinazione dello zolfo totale, dei cloruri e dei solfati è stata effettuata esclusivamente sulla sabbia e ha prodotto i seguenti risultati: zolfo totale < 0.04%; cloruri tra 0.001% e 0.003% e solfati < 0.05%.
A integrazione degli aspetti chimici si ritiene opportuno citare anche le analisi petrografiche condotte su sabbia, pietrisco e risetta che hanno permesso di accertare la prevalenza di frammenti di calcari (89%-95%) e in subordine frammenti di filladi, ardesie e calciscisti (1-3%) particelle fini di calcare (< 5%) e di dolomia (8%).

2G) DETERMINAZIONE DELLE DIREZIONI E IMMERSIONI DELLE PRINCIPALI DISCONTINUITÀ

In riferimento a tale aspetto si rimanda a quanto contenuto nel rapporto tecnico relativo all'indagine videoispettiva.
Tale approfondimento integra quanto condotto nell'ambito del rilevamento strutturale di superficie eseguito nel settore oggetto di coltivazione (n. 16 stazioni geomeccaniche).
Relativamente ai rapporti reciproci tra le differenti famiglie di discontinuità individuate e il profilo di progetto si rimanda ai risultati dell'analisi cinematica condotta al PUNTO 19.

2H) IL GRADO DI CARSIFICAZIONE DELL’AMMASSO ROCCIOSO

In riferimento a tale aspetto le osservazioni effettuate sulle carote di sondaggi e le analoghe condotte attraverso l'indagine videoispettiva hanno consentito di stimare un grado di carsificazione dell'ammasso roccioso molto basso (< 5%)

2I) IL GRADO DI FRATTURAZIONE DELL’AMMASSO ROCCIOSO

La definizione del grado di fratturazione dell’ammasso roccioso è stato ricavato attraverso la definizione del parametro R.Q.D. nell’ambito della caratterizzazione geomeccanica dell’ammasso roccioso a cui si rimanda per la trattazione specifica.

2L) LA PRESENZA E L’EVENTUALE DIREZIONE DI CIRCOLAZIONE IDRICA

In riferimento a tale aspetto si rimanda a quanto contenuto al PUNTO 14.

Punto 16: carta e relative sezioni di isoqualità del calcare a scala 1:2000

Sulla base delle considerazioni effettuate nel capitolo precedente sono state elaborate la carta (ALLEGATO AL PUNTO 16- FIGURA 1) e le sezioni di isoqualità (ALLEGATO AL PUNTO 16- FIGURE 2A-E) che sono riportate a fine capitolo.

Punto 17: carta geologico tecnica 1:2000 del comparto oggetto di coltivazione

Sulla base delle considerazioni effettuate nei precedenti capitoli è stata elaborata la carta geologico tecnica riportata a fine capitolo (ALLEGATO AL PUNTO 17-FIGURA 1)

Punto 18: sezioni geologico strutturali alla scala 1:2000 in numero e con orientazione adeguati all'individuazione della stratificazione, degli assi delle strutture plicative e della geometria delle principali faglie ricostruibili nel comparto oggetto di estrazione

Le sezioni indicate nel presente punto sono allegate a fine capitolo (V. ALLEGATO AL PUNTO 18)***.***

Punto 19. Aggiornamento delle verifiche di stabilità rispetto all'affinamento del modello geologico richiesto ai punti precedenti. Le verifiche sui gradoni dovranno essere condotte mediante differenti metodi di calcolo che tengano conto delle effettive discontinuità dell'ammasso roccioso alla effettiva scala di riferimento. Nel merito delle verifiche, inoltre: (i) rispetto alla stabilità complessiva del rilevato finale, non si ritiene sufficientemente cautelativa la scelta di attribuire un ruolo di forze resistenti sulle terre armate a sostegno delle singole berme, (ii) mancano verifiche di stabilità relativamente ad un possibile scivolamento planare nella zona delle stazioni O, Q, R e per le gradonature in roccia dei fronti di nuova realizzazione nel settore nord, (iii) le verifiche dovranno riguardare le coperture di versante ed il cappellaccio d'alterazione nelle zone oggetto di sbancamento, previa definizione maggiormente dettagliata delle modalità di scavo, (iv) tutte le verifiche dovranno tenere conto della possibile presenza di falda

La campagna geognostica condotta in questa sede ha permesso di definire con un maggior dettaglio le caratteristiche fisico-meccaniche della copertura sciolta di versante, del sottostante cappellaccio d'alterazione e la qualità dell'ammasso roccioso strutturato.

Relativamente al sottile orizzonte di riporto presente in corrispondenza del settore già oggetto di coltivazione (piazzali di cava e pista di arroccamento) si è mantenuta la parametrizzazione riportata al paragrafo 6.1 della relazione geologica del 15.06.2013, già agli atti.

La definizione dei principali parametri costitutivi della copertura sciolta è stata ottenuta attraverso determinazioni sperimentali di laboratorio integrate dall'analisi visiva e diretta secondo prove speditive di campagna e mediante il confronto con affidabili fonti bibliografiche e risultati di indagini in sito condotte dallo scrivente su terreni analoghi.

Le caratteristiche del cappellaccio d'alterazione, costituito da scaglie e frammenti calcarei in scarsa matrice sabbioso-limosa, non hanno permesso il prelievo di campioni rappresentativi da sottoporre a specifiche prove di laboratorio. La definizione dei principali parametri fisico-meccanici è stata, pertanto, ottenuta su base bibliografica, assumendo per tale materiale il comportamento di un mezzo granulare mediamente addensato.

Relativamente all'ammasso roccioso la definizione del peso di volume e della resistenza alla compressione monoassiale è stata ricavata sperimentalmente attraverso specifiche prove di laboratorio, dati bibliografici riferiti alla stessa formazione (Campi, 2002) e prove effettuate nell'ambito della marcatura CE dei sottoprodotti, mentre la definizione della classe di qualità è stata ricavata attraverso un sistema integrato costituito dal rilevamento strutturale in affioramento, videoispezione e dall'analisi di dettaglio dei sondaggi geognostici.

Tale metodologia ha consentito di distinguere l'ammasso roccioso in tre classi in funzione del differente valore di R.Q.D. e di attribuire su ciascun sondaggio un range caratteristico di valori di G.S.I. per la singola classe di appartenenza.

La sintesi di quanto ottenuto è riportato in n. 5 sezioni geologiche interpretative che sono state utilizzate per redigere le sezioni di isoqualità della roccia di cui al PUNTO 16 e che costituiscono la base cartografica per le analisi di stabilità.

Propedeuticamente all'aggiornamento delle verifiche di stabilità si è provveduto alla conversione dei dati di input del materiale di riporto, della copertura sciolta di versante (peso di volume), del cappellaccio d'alterazione e dell'ammasso roccioso (peso di volume e resistenza alla compressione monoassiale) in valori caratteristici tramite un'elaborazione dell'intera distribuzione statistica dei dati d'interesse mediante una stima puntuale a carattere cautelativo (modello semi-probabilistico), in analogia a quanto effettuato al PARAGRAFO 7 della relazione geologica del 15.06.2013.

Per quanto riguarda i parametri di resistenza della copertura sciolta si ritiene possa essere imposta l'uguaglianza tra i valori ottenuti sperimentalmente (fm) e i valori caratteristici (fk).

In riferimento all'ammasso roccioso si è scelto, a titolo cautelativo, di introdurre su ciascuna sezione verificata il limite inferiore di G.S.I. della singola classe di qualità.

Le elaborazioni statistiche dei differenti materiali sono riportate nel P.19-TABELLE 1-4 e sintetizzate nel seguito per pronto riferimento.

RIPORTO

Valori	**Ang.attrito (°)**	**Coesione (kPa)**	**Peso di vol. (kN/m^3)**
medio	34	0	19
caratteristico	30.77	0	20.11
progetto	25.47	0	20.11

Si precisa che i parametri riportati nella tabella precedente sono rappresentativi del materiale di riporto non compattato presente attualmente sul piazzale di cava, utilizzato per regolarizzare il fondo e consentirne un'ottimale fruibilità. Relativamente alla parametrizzazione geotecnica e alla definizione dei requisiti fisico-meccanici del materiale impiegato per la realizzazione del rilevato previsto nell'ambito della sistemazione ambientale del sito estrattivo si rimanda a quanto contenuto nel documento prodotto dallo Studio ELB allegato al Punto 19 del presente documento.

COPERTURA SCIOLTA

Valori	**Ang.attrito (°)**	**Coesione (kPa)**	**Peso di vol. (kN/m^3)**
medio	Fm=fk	Fm=Fk	19,50
caratteristico	29,30	7,40	20,11
progetto	24,18	5,92	20,11

CAPPELLACCIO D’ALTERAZIONE

Valori	Ang.attrito (°)	Coesione (kPa)	Peso di vol. (kN/m^3)
medio	37	0	23.50
caratteristico	33.49	0	24.87
progetto	27.89	0	24.87

SUBSTRATO ROCCIOSO

Sezioni	Valori	Peso di volume (kN/m^3)	Res. alla compr. (MPa)	G.S.I.		
Tutte	Medio	26.31	135.12			
Tutte	Caratteristico	26.85	129.38			
Tutte	Progetto	26.85	80.86			
Sez. 2-2				CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
				52	46	-
Sez. 4-4			-	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
					50	
Sez. 5-5				CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
				55	48	
Sez. 6-6				CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
				53	50	43
Sez. 7-7				CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
				56	49	42

Inoltre, nelle verifiche di stabilità si è tenuto conto del disturbo indotto dalla coltivazione con esplosivo che determina un inevitabile peggioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche del lapideo rispetto a un analogo materiale in condizioni “naturali” attraverso l’introduzione di un fattore di disturbo (D) = 1 che non era stato considerato nelle verifiche precedenti.

Tutte le analisi di stabilità sono state condotte sia in condizioni statiche sia introducendo una sollecitazione sismica analoga a quanto riportato nella documentazione agli atti (Kh = 0.042; Kv = 0.021).

Nel modello di calcolo di ciascuna sezione è stata simulata una circolazione idrica sotterranea attraverso l’inserimento di una superficie piezometrica permanente. Tale condizione appare cautelativa in quanto il monitoraggio piezometrico e la ricostruzione del modello idrogeologico del sottosuolo ha evidenziato condizioni transitorie della circolazione

idrica sotterranea, con una ricarica idrica esclusivamente in concomitanza di apporti meteorici significativi.

Sulla base di quanto definito in precedenza sono di seguito presentati i risultati dell'aggiornamento delle verifiche di stabilità globale e sui gradoni, unitamente alle ulteriori analisi cinematiche per le gradonature in roccia dei fronti di nuova realizzazione nel settore nord.

Per quanto concerne le verifiche di stabilità sul rilevato finale si rimanda alla documentazione specifica prodotta dall'Ing. Riccardo Giammarini e dall'Ing. Andrea Deprati e trasmessa in allegato a fine capitolo.

A) VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

Tali analisi sono state condotte in conformità a quanto contenuto al paragrafo 6.8.6 delle NTC 2008, applicando l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2 + M2 + R2) e utilizzando i parametri di progetto riportati in precedenza.

In particolare, per quanto riguarda il materiale di riporto, la copertura sciolta di versante e il cappellaccio d'alterazione è stato utilizzato un inviluppo a rottura di tipo lineare (Mohr-Coulomb).

Relativamente all'ammasso roccioso le caratteristiche strutturali descritte in precedenza (presenza di almeno tre famiglie sistematiche di discontinuità), rapportate alla scala delle analisi (fronte roccioso di altezza pluridecametrica) giustificano l'applicazione del modello *continuo-equivalente,* in cui il comportamento geomeccanico dell'ammasso roccioso è condizionato dall'insieme discontinuità-matrice e può essere assunto isotropo, anche in ragione della ridotta spaziatura tra le fratture e al numero delle stesse in rapporto alla geometria del fronte oggetto di verifica.

Le analisi di stabilità sono state condotte con una maglia sufficientemente estesa per verificare tutti i possibili cerchi di scorrimento posti lungo il fronte oggetto di coltivazione e sono state sviluppate con il metodo *Grid Search*, che si basa sulla creazione di una griglia contenente i centri dei cerchi delle superfici di scivolamento che possono verificarsi all'interno del pendio.

Rispetto a quanto effettuato nelle verifiche precedenti si è provveduto a integrare le metodologie di calcolo già adottate (Bishop semplificato e Janbu semplificato) attraverso l'applicazione del metodo di Jambu corrected che costituisce l'implementazione del metodo di Janbu semplificato attraverso l'utilizzo di un coefficiente correttivo, funzione del tipo di terreno introdotto nelle analisi.

Su ciascuna sezione si è provveduto a simulare diverse griglie di verifica, modificandone l'estensione e la spaziatura, al fine di poter esaminare in maniera esaustiva tutti i potenziali cinematismi all'interno del versante.

In particolare, al fine di poter comprendere l'intero tratto di pendio oggetto di coltivazione si è provveduto ad estendere verso monte tutte le sezioni, fino a comprendere anche la porzione di pendio oltre il crinale spartiacque e la culminazione del M. Ricasola.

I risultati ottenuti sono riassunti nel prospetto sottostante, mentre le analisi di stabilità in forma grafica sono riportate nell'allegato fuoritesto (P.19-ALLEGATO 2):

Figura	Condizioni di verifica	Bishop sempl	Janbu sempl	Janbu rigoroso
1A	Sezione 2-2 statica	1.560	1.508	1.600
1B	Sezione 2-2 dinamica	1.469	1.400	1.486
2A	Sezione 4-4 statica	1.403	1.298	1.388
2B	Sezione 4-4 dinamica	1.419	1.300	1.389
3A	Sezione 5-5 statica	1.423	1.382	1.454
3B	Sezione 5-5 dinamica	1.331	1.286	1.349
4A	Sezione 6-6 statica	1.467	1.371	1.454
4B	Sezione 6-6 dinamica	1.376	1.276	1.354
5A	Sezione 7-7 statica	1.802	1.690	1.794
5B	Sezione 7-7 dinamica	1.696	1.571	1.668

B) VERIFICHE SUI GRADONI

Le analisi sui gradoni sono state effettuate considerando su ciascuna sezione di verifica l'intero fronte lapideo di coltivazione, verificando potenziali cinematismi con un meccanismo di scivolamento planare e/o a cuneo attraverso il metodo *Path Search*, che si basa sulla creazione di superfici di scivolamento non circolari che possono verificarsi all'interno del pendio indotte dalla presenza di una determinata discontinuità e/o dalla coniugazione delle differenti famiglie di giunti.

In considerazione della simulazione prodotta si è scelto di impiegare il metodo di Jambu corrected e di Morgenstern-Price (Morgenstern & Price, 1965), quest'ultimo in grado di soddisfare sia l'equilibrio delle forze in direzione verticale e in direzione orizzontale sia l'equilibrio dei momenti.

Per ciascuna sezione sono state simulate 5000 ipotetiche superfici di rottura in grado di comprendere sia instabilità sul singolo gradone (prevalentemente con meccanismo di scivolamento planare) sia su più alzate (prevalentemente con meccanismo di scivolamento a cuneo).

La parametrizzazione dell'ammasso roccioso è analoga a quella impiegata per le verifiche di stabilità globale, in ragione del rapporto esistente tra la scala di analisi e la persistenza delle diverse famiglie di discontinuità (valutata in prevalenza tra 3 m e 10 m), introducendo anche in questo caso un fattore di disturbo (D) pari a 1 in considerazione dell'effetto indotto dalla coltivazione con esplosivo sull'ammasso roccioso. Tutte le verifiche sono state condotte sia in condizioni statiche sia attraverso l'introduzione di una sollecitazione dinamica e simulando una superficie di falda permanente.

I risultati ottenuti sono riassunti nel prospetto sottostante, mentre le analisi di stabilità in forma grafica sono riportate nell'allegato fuoritesto (P.19-ALLEGATO 2):

Figura	Condizioni di verifica	Janbu rigoroso	Morgenstern-Price
6A	Sezione 2-2 statica	1.834	4.547
6B	Sezione 2-2 dinamica	1.715	1.749
7A	Sezione 4-4 statica	1.718	1.661
7B	Sezione 4-4 dinamica	1.603	1.561
8A	Sezione 5-5 statica	2.359	2.261
8B	Sezione 5-5 dinamica	2.191	2.057
9A	Sezione 6-6 statica	2.071	2.074
9B	Sezione 6-6 dinamica	1.929	1.947
10A	Sezione 7-7 statica	2.679	2.713
10B	Sezione 7-7 dinamica	2.505	2.547

C) ANALISI CINEMATICHE

Nel presente paragrafo si è provveduto a verificare i potenziali cinematismi di rottura planare, a cuneo e per ribaltamento in corrispondenza delle gradonature in roccia dei fronti di nuova realizzazione nel settore nord, integrando i dati ricavati dalle stazioni geomeccaniche M, N, O, P, Q con rilevamenti di superficie inediti (stazioni S e T), mentre le valutazioni in profondità sono state effettuate attraverso le informazioni sulle principali discontinuità individuate dalla videoispezione.

In analogia a quanto effettuato in precedenza tutte le analisi sono state condotte attraverso l'utilizzo del programma DIPS (Rockscience Inc.) inserendo come dati d'input le giaciture medie del pendio e delle singole famiglie sistematiche per ciascuna stazione geomeccanica, sintetizzate nel prospetto sottostante.

Staz	Ubicazione	Famiglie sistematiche				
		Pendio	St	K1	K2	K3
M	Sopra piazzale (q.560)	N160SW70	N120NE25	N140SW75	N60NW89	N0W80
N	Sopra piazzale (q.594)	N160SW70	N90N35	N0W70	N140SW75	N15SE88
O	Gradone sup. (q. 615)	N160SW70	N150SW15	N15SE80	N100NE65	N50NW80
P	Sopra piazzale (q.574)	N160SW70	N80NW10	N160SW85	N90N60	N150SW80
Q	Piazzale sup.(q. 545)	N15NW70	N130SW30	N170SW75	N60NW89	N135NE55
R	Piazzale sup.(q. 545)	N15NW70	N140SW30	N80NW89	N10NW75	N50NW89
S	50 m ad W di Pz3	N70NW70	N60NE20	N60SE20	N120SW45	N60NW75
T	50 m ad E di Pz1	N100NE70	N120SW30	N110NE75	N70NW70	N120SW55

DATI IN PROFONDITÀ (DA VIDEOISPEZIONE)					
Sond.	**Profondità indicativa**	**Famiglie sistematiche**			
		St	K1	K2	K3
S1	10-20 m	N110NE10	N180W60	N150NE40	
S1	30-45 m	N110NE10	N40NW70	N60SE55	N130NE35
S2	15-35 m	N105NE20	N20NW35	N80SE85	N140NE60
S3	5-40 m	N50SE20	N70NW55	N130NE30	N120SW60
S4	10-25 m	N120NE10	N70NW60	N40SE60	N20SE30
S5	25-35 m	N140NE20	N10NW30	N60NW30	N50SE60

Lo scivolamento planare è stato verificato definendo sia un'area specifica "Daylight Envelope" caratteristica della traccia ciclografica del pendio sia un cono rappresentante l'angolo di attrito con direzione 0, immersione 90 e angolo pari a φ: i poli compresi nella lunetta formata tra la Daylight Envelope e il cono rappresentano i piani che possono determinare uno scivolamento planare.

La verifica allo scivolamento a cuneo è stata ottenuta attraverso la costruzione di un cono rappresentante l'angolo di attrito con direzione 0, immersione 90 e angolo pari a "90 – φ": i piani le cui tracce ciclografiche s'incrociano nella lunetta delimitata dall'angolo di attrito e dalla traccia del pendio possono determinare scivolamenti a cuneo lungo la linea di intersezione dei piani medesimi.

La verifica al ribaltamento è stata effettuata basandosi sul metodo di Goodman (1980) che utilizza i poli dei piani, una traccia ciclografica definita "slip limit" che ha la direzione d'immersione uguale al pendio e l'inclinazione data da: $\alpha_{slipelimit} = \alpha_{pendio} - \varphi$, con φ angolo di attrito e un cono con direzione data da "direzione del pendio + 90", immersione 0 e angolo di 60°. I poli giacenti nell'area compresa tra il slip limit, la circonferenza esterna e le due tracce del cono rappresentano piani con possibile cinematismo per ribaltamento.

Nelle verifiche è stato considerato un angolo di attrito di φ=40°. Tale valore è stato ricavato dalle determinazioni di laboratorio mediando i parametri di resistenza al taglio in condizioni residue considerando, pertanto, esclusivamente il contributo attritivo.

Tutte le analisi condotte introducendo il modello strutturale dell'ammasso roccioso dedotto dalle stazioni geomeccaniche ubicate lungo la porzione del fronte roccioso d'interesse hanno consentito di accertare che non sussistono le condizioni strutturali predisponenti l'innesco di cinematismi sub-superficiali con meccanismo per scivolamento planare, a cuneo e/o ribaltamento. I risultati ottenuti sono riportati graficamente nel P.19-ALLEGATO 3.

Per quanto riguarda le verifiche relative ad un possibile scivolamento planare nella zona delle stazioni O,Q,R le stesse sono state prodotte contestualmente alla documentazione trasmessa con la "*Revisione integrale della variante al programma di coltivazione..."* del 15 giugno 2013.

Ipotizzando un possibile errore di impaginazione si trasmette nuovamente in allegato la documentazione richiesta.

Punto 20: considerate la presenza di area carsica e l'intenzione del proponente di gestire in sito sia rifiuti di estrazione che materiali da scavo in qualità di sottoprodotti, il progetto dovrà misurare la profondità, le oscillazioni e la direzione di flusso delle falde acquifere e loro relazioni con l'idrografia superficiale (Rio Ricasola e T. Reppia) ed individuare modalità di gestione e di monitoraggio per garantire l'assenza di impatti, Da ciò dovranno derivare specifiche qualitative dei materiali di scavo e dei rifiuti utilizzabili nel riempimento.

Come già in parte illustrato al PUNTO 14, la realizzazione della campagna geognostica e il successivo monitoraggio idrogeologico, attuato in un periodo complessivamente caratterizzato da precipitazioni intense e prolungate, hanno consentito di escludere la presenza di una falda permanente nel volume di sottosuolo interessato dalle attività estrattive, evidenziando esclusivamente una circolazione in frattura molto localizzata e limitata nel tempo in quanto legata al regime pluviometrico.

Infatti, le precipitazioni intercettate dalla porzione di versante interessata dalla coltivazione sono per la maggior parte soggette a deflusso superficiale e, valutando anche l'evapotraspirazione, solo un'aliquota subordinata tende ad infiltrarsi, anche in ragione della vicinanza del crinale, della notevole acclività della zona e del grado di permeabilità dell'ammasso roccioso.

La circolazione idrica nell'ammasso roccioso è fortemente condizionata dalle sue caratteristiche strutturali: sono state individuate, oltre al piano di stratificazione disposto grossomodo a traverpoggio rispetto allo sviluppo del pendio, tre principali famiglie di discontinuità, due a franapoggio ma con inclinazione maggiore del versante e una a reggipoggio a formare angoli retti o ottusi con le altre famiglie di giunti.

Tale disposizione strutturale comporta che l'aliquota di acqua che s'infiltra in corrispondenza della superficie del pendio artificiale, tende a seguire il reticolo di fratture determinato dall'intersezione delle suddette discontinuità, come indicato nelle sezioni idrogeologiche allegate (V.ALLEGATO AL PUNTO 14); in particolare, la famiglia di giunti disposta a reggipoggio consente all'acqua di circolare verso l'interno del versante dove, però, in corrispondenza delle due famiglie disposte a franapoggio, raggiunge profondità decisamente consistenti.

Tali considerazioni trovano conferma nel fatto che nell'ambito dell'area ove il processo estrattivo è stato completato non è stata riscontrata la presenza di venute idriche di una certa rilevanza, nemmeno a seguito di eventi pluviometrici di particolare entità e durata.

Questo dispositivo idrogeologico si verifica anche a valle dell'area destinata a coltivazione del giacimento dove, tuttavia, la coltre detritica consente certamente una circolazione per porosità più rapida e trasmissiva, come testimoniato dalla presenza di una emergenza idrica per limite di permeabilità lungo la S.P. n.26.

Nell'ambito della porzione di versante d'interesse la fascia di transizione tra mezzo insaturo attraversato dalle acque percolanti e mezzo saturo ospitante l'acquifero vero e proprio è correlata al livello medio delle acque che scorrono incanalate nel reticolo

idrografico superficiale (Rio Ricasola e T. Reppia): ipotizzando ragionevolmente un andamento in profondità che tenga conto dell'assetto plano-altimetrico del pendio sovrastante e dei corsi d'acqua, si ritiene, come illustrato nelle sezioni idrogeologiche, che tale fase possa oscillare nel tempo e nello spazio, ma in questo caso ben al di sotto del piano inferiore di prossima coltivazione.

Non sono quindi prevedibili impatti sotto il profilo idrogeologico, derivati dall'interferenza delle acque di circolazione con i materiali di abbancamento, in quanto le emergenze idriche temporanee individuate in fase di scavo, provenienti dal sistema di fratturazione e caratterizzate da un regime incostante, saranno progressivamente captate e opportunamente canalizzate in modo tale che possano essere allontanate e convogliate, attraverso una serie di collettori, al di fuori della zona di abbancamento.

Lungo le superfici di contatto fra i materiali di riempimento e i fronti rocciosi, in corrispondenza della parte basale di ogni singolo gradone, dovranno essere predisposti, all'avanzare delle operazioni di abbancamento, teli di geocomposito tridimensionale con incorporato alla base il tubo di raccolta delle acque, in modo tale da raccogliere e incanalare progressivamente le acque stesse verso i collettori principali, predisposti alla base del rilevato.

Anche dal punto di vista carsico, non sono in alcun modo prevedibili ripercussioni significative considerato che i giunti che evidenziano forme carsiche incipienti sono percentualmente molto modeste e disperse in senso tridimensionale, senza interconnessioni reciproche tali da formare un reticolo carsico continuo e diffuso**.**

Nelle verifiche di stabilità allegate al presente documento integrativo, relative ai fronti di scavo in progetto, è stata simulata a titolo cautelativo la presenza della falda idrica in corrispondenza dei livelli ove sono state riscontrate le vene idriche descritte in precedenza.

Punto 21: disciplinare tecnico dei materiali che, sulla base della relazione geotecnica, definisca le classi granulometriche idonee per il riempimento secondo classificazione CNR UNI 10006, distinguendo fra materiali a colmata, per le terre armate, per eventuali drenaggi e per la costituzione suolo vegetale finale.

1. Finalità

Il presente disciplinare tecnico dei materiali allo scopo di definire le caratteristiche dei materiali da utilizzare per la fase di ricomposizione ambientale.

2. Verifica preliminare dell'idoneità dei materiali

Le terre e rocce da scavo da utilizzare per il riempimento seguiranno le procedure di cui alla Legge n° 98 del 9 agosto 2013 oppure al DM 161/2012. Entrambe le procedure prevedono che il proponente verifichi il rispetto dei requisiti qualitativi dei materiali: tali requisiti possono essere suddivisi tra requisiti ambientali e requisiti geotecnici.

2.1. Requisiti ambientali dei materiali da scavo

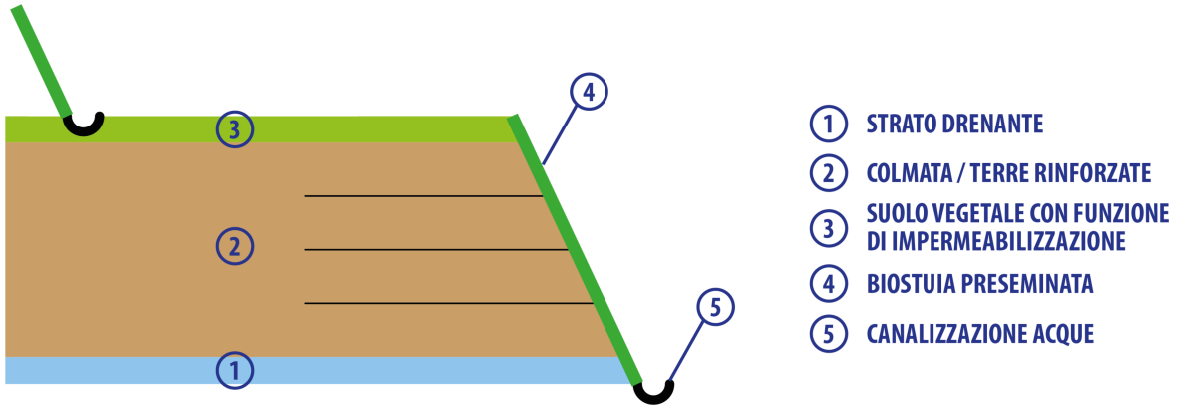
I materiali devono avere le seguenti caratteristiche ambientali:

- non necessitano di essere sottoposti ad alcun preventivo trattamento, fatte salve le normali pratiche industriali e di cantiere;
- hanno caratteristiche chimiche e chimico-fisiche tali che il loro impiego nella cava in oggetto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate;
- non costituiscono fonte di contaminazione diretta o indiretta per le acque sotterranee;
- saranno conferiti con modalità tali da assicurare il rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette;
- non sono contaminati con riferimento alla destinazione d’uso dei rispettivi siti prescelti e sono compatibili con i medesimi siti: considerata la destinazione d'uso dell'area di cava, si ritiene di poter adottare le concentrazioni soglia di contaminazione di cui alla colonna B della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del DLgs n. 152 del 2006 (Siti ad uso commerciale e industriale);
- soddisfano i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a garantire che il loro impiego non dia luogo a emissioni e impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli autorizzati per l’impianto dove sono destinati ad essere utilizzati.

2.2. Requisiti geotecnici dei materiali da scavo

Al fine dell'esecuzione del riempimento sono stati classificati le seguenti tipologie di materiali, in base all'uso previsto:

ID	Descrizione	Caratteristiche granulometriche principali	Uso
1	STRATO DRENANTE	grossolano ≥ 95%	strato drenante per garantire il controllo delle acque di infiltrazione nell'intero corpo dello stabilizzato
2	COLMATA	fine ≤ 40%	corpo costituito da materiali di varia granulometria
3	SUOLO VEGETALE CON FUNZIONE DI IMPERMEABILIZZAZIONE	fine >40%	sistemazione e impermeabilizzazione superficiale delle banche, etc).



Le classi granulometriche idonee in base all'uso, secondo la classificazione CNR UNI10006 sono le seguenti:

GROSSOLANO ≥ 95%	Frazione grossolana trattenuta dal setaccio n° 4 della serie ASTM (UNI setaccio 8 mm) ≥ 95%
FINE ≤ 40%	Miscela di materiali: - trattenuti al setaccio n° 200 della serie ASTM (UNI setaccio 0,08 mm)

	≥ 60%, con frazione grossolana trattenuta al setaccio n° 4 pari ad almeno il 30% - passante al setaccio n° 200 della serie ASTM (UNI setaccio 0,08 mm) ≤ 40%
FINE ≥ 40%	Frazione fine passante al setaccio n° 200 della serie ASTM (UNI setaccio 0,08 mm) ≥ 40%

2.3 Esito delle verifiche

Una volta raccolte tutte le informazioni ambientali e geotecniche, sarà possibile determinare l'ammissibilità dei materiali nella cava ed individuare l'impiego ottimale in base all'uso previsto.

Punto 22: modalità di selezione e abbancamento dei materiali per la ricomposizione ambientale al fine di garantire la densità ottimale, le migliori condizioni di drenaggio e la stabilità complessiva del rilevato.

1. Selezione dei materiali

Una volta accertata l'idoneità dei materiali, così come illustrato al precedente Punto 21, si effettuerà una selezione degli stessi al momento del conferimento. A seconda dello stato di avanzamento dell'opera di ricomposizione ambientale, si procederà a:

- abbancarli immediatamente, nel caso siano utili all'esecuzione della fase lavorativa in corso (formazione del rilevato);
- stoccarli temporaneamente nelle aree individuate a livello progettuale, nel caso in cui siano idonei per una fase successiva (recupero vegetazionale dei gradoni);
- miscelarli preventivamente e ad utilizzarli dopo la miscelazione, nel caso in cui fosse necessario correggere le caratteristiche granulometriche nel corso della realizzazione dei piani di abbancamento.

2. Deposito ed eventuale miscelazione

2.1. Terre e rocce da scavo provenienti da cantieri esterni

Le terre e rocce da scavo provenienti da cantieri esterni, da riutilizzare in cava, saranno abbancate direttamente durante la fase di ricomposizione ambientale, con eventuale stoccaggio temporaneo di limitatissime quantità, finalizzato alla miscelazione secondo necessità.

Occorre sottolineare che la distribuzione delle frazioni costituenti le terre in varie classi granulometriche favorisce entro certi limiti le modalità di compattazione.

Tuttavia qualora in fase di abbancamento apparisse palese il superamento di tale soglia, per la presenza di argille e limi in percentuale elevata, dovrà essere cura degli operatori di procedere ad una miscelazione preventiva delle terre con materiali grossolani, opportunamente stoccati in cantiere, con fuso granulometrico prevalente ricadente nel campo delle sabbie e delle ghiaie.

In fase di coltivazione, durante la quale è previsto il progressivo recupero in termini vegetazionali dei gradoni in roccia, per l'eventuale deposito e/o miscelazione delle terre e rocce da scavo provenienti da cantieri esterni saranno utilizzate le aree già individuate per il deposito dei fanghi; mentre nella fase di ricomposizione finale, saranno utilizzati i progressivi piani di abbancamento.

2.2. Rifiuti di estrazione

Le caratteristiche dei rifiuti da estrazione sono state illustrate nel PIANO DI GESTIONE DEI RIFIUTI, cui si rimanda.

L'utilizzo dei fanghi nella fase di recupero vegetazionale dei gradoni, nella bonifica della zona di sconfinamento nel settore E e nel riempimento della parte alta della trincea sul lato N e NE potrà essere preceduto da operazioni di miscelazione con terre e rocce da scavo naturali, in percentuale non superiore al 20 %, da effettuarsi in apposita area individuata sul piazzale di cava. Occorre sottolineare che le opere di miscelazione sono già previste ed autorizzate per la porzione di cava esistente con Decreto della Giunta Regionale 4463 del 1-11-2013.

Le zone di deposito e di miscelazione dei rifiuti di estrazione, opportunamente delimitate con scogliere in massi, sono individuate nelle planimetrie di progetto.

3. Abbancamento dei materiali

Di seguito sono illustrate le modalità di abbancamento dei materiali per la ricomposizione ambientale, al fine di garantire la densità ottimale, le migliori condizioni di drenaggio e la stabilità complessiva del rilevato.

3.1 Materiali da colmata / terre rinforzate

La formazione del riempimento dovrà avvenire mediante stesa, compattazione e rullatura con mezzi idonei, a strati di non più di 40 cm, dei materiali in modo da ottenere materiali mediamente densi con densità relativa pari ad almeno il 35% e peso di volume dell'ordine di 20 KN/m^3. In tali condizioni i parametri medi di resistenza al taglio risultano i seguenti: angolo di attrito non inferiore a 35°, coesione dell'ordine di 10 Kpa.

Tenuto conto delle caratteristiche granulometriche del materiale previsto e del grado di addensamento le prove penetrometriche da realizzarsi progressivamente durante la fase di colmata dovrebbero fornire un range di valori pari a 10-35 colpi con strumentazione DL030N$_{10}$ e 10-30 colpi con strumentazione SPT N$_{30}$

3.2 Rifiuti da estrazione

I rifiuti da estrazione saranno impiegati per il riempimento dei vuoti di cava, come previsto nel piano di gestione dei rifiuti. Gli strati saranno progressivamente compattati, al fine ottenere la densità ottimale.

3.3 Strato drenante

I materiali grossolani saranno impiegati per realizzare lo strato drenante di uno

spessore minimo 30 cm alla base di ogni serie di elementi di terre rinforzate.

3.4 Suolo vegetale

Sarà sistemato allo stato naturale, senza compattazione, per facilitare la piantumazione e l'attecchimento delle specie vegetali.

Punto 23: Approfondimento sulla gestione dei materiali provenienti e in partenza dal piazzale "ex Fornace" al fine di tenere distinti i materiali con provenienza e caratteristiche chimiche differenti.

Il trattamento di materiali di origine diversa di quelli provenienti dalla cava “Costa dei Sergi”, come comunicato con nota del 10 febbraio 2012 alla Regione Liguria, a cui è stato dato riscontro con nota del 27 febbraio 2012, prot. PG/2012/30855, sarà effettuato per lotti ben distinti, in modo da separare i fanghi derivanti da tali materiali, che saranno gestiti in ambiti diversi da quelli della cava.

Prima di iniziare a trattare materiali di origine esterna, si procederà allo sgombero totale dei fanghi presenti nel deposito del filtro pressa. I rifiuti prodotti durante il trattamento dei materiali di origine esterna, saranno stoccati nel deposito temporaneo individuato nell'area specifica del piazzale, indicata nella planimetria allegata fuori testo (Allegato al punto 23).

Tali rifiuti saranno gestiti secondo le modalità previste dalla parte quarta del Decreto Legislativo 152/2006 e ss.mm.ii. ed in particolare saranno rispettate le modalità di stoccaggio secondo quanto previsto alla lettera bb) del comma 1 dell'Art. 183 del D,Lgs 152/06 e sarà tenuta la contabilità ambientale di cui agli Art. 189, 190 e 193, ove applicabili. Prima di riprendere a trattare materiali provenienti dalla cava, si procederà allo sgombero totale dei fanghi presenti nel deposito del filtro pressa.

Punto 24: Piano di Utilizzo conforme al D.M. 161/12 per i materiali di scavo generati dagli scavi e destinati come sottoprodotto a ricomposizioni ambientali esterne al sito estrattivo.

L'elaborato relativo al piano di utilizzo è trasmesso in allegato a fine testo.

Punto 25: progetto definitivo della sistemazione e riqualificazione della viabilità di accesso alla cava comprensivo di costi, fattibilità ambientale e cronoprogramma.

1. sistemazione e riqualificazione della viabilità di accesso alla cava

Per quanto concerne la sistemazione e riqualificazione della viabilità di accesso alla cava, è stato previsto, così come rappresentato nella tavola trasmessa in allegato, (ALLEGATO PUNTO 25 Tavola 7 bis) di effettuare lavori di ricomposizione ambientale, come di seguito illustrati.

Nel tratto di pista compreso tra il piazzale posto a quota 490 m slm ed il piazzale ove è ubicato impianto di lavaggio ruote esistente, è stata prevista la realizzazione sul lato valle della sede stradale di un rilevato in terre rinforzate di altezza e larghezza medie rispettivamente di 0,80 m e 2.00 m, da realizzarsi con terreno ad elevato contenuto organico per favorire l'attecchimento di specie arboree.

Una porzione dell'attuale pista, di larghezza compresa tra 2,5 e 3,0 metri resterà transitabile per consentire le operazioni di manutenzione del versante interessato dai lavori di ripristino e riqualificazione ambientale.

Tale soluzione consentirà di mantenere in efficienza tutte le opere di canalizzazione delle acque esistenti, che costituiscono un sistema di regimazione essenziale una volta completate tutte le attività previste.

Il rimanente tratto di pista che dall'impianto di lavaggio gomme, sopra citato, si collega alla strada provinciale, sarà mantenuto nello stato di fatto, con fondo in conglomerato cementizio, per evitare che le acque correnti trasportino detriti sulla strada provinciale.

2. Costi

Relativamente ai costi previsti, si stima un'incidenza di 50.000 euro, così ripartiti:

1. 43.000 euro per l'esecuzione delle terre rinforzate;
2. circa 7.000 euro per l'impianto vegetazionale.

3. Cronoprogramma

Le opere di sistemazione e riqualificazione ambientale sopra indicate saranno iniziate e concluse con continuità per un tempo previsto di circa tre mesi. Tali opere di ripristino avranno inizio una volta concluse tutte le opere di ricomposizione ambientale, contenute nel progetto generale, relative all'area di coltivazione sovrastante.

Chiavari, 24 gennaio 2014

Dott. Geol. Giacomo Canepa