ALLEGATO 4

RELAZIONE GEOLOGICA

SOMMARIO

PREMESSE pag. 3

1.RIFERIMENTI NORMATIVI pag. 4

2. PROFILO GEOLOGICO pag. 5

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE pag. 5

2.2 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI pag. 6

2.3 IDROGRAFIA E IDRGEOLOGIA pag. 6

3. STRATIGRAFIA E DEFINIZIONE DEI PARAMETRI MEDI pag. 7

3.1 MATERIALE DI RIEMPIMENTO pag. 7

3.2 COPERTURA DETRITICA pag. 8

6.3 SUBSTRATO ROCCIOSO pag. 8

4. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA pag. 10

5. CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE pag. 11

5.1 COLTIVAZIONE DEL GIACIMENTO CALCAREO pag. 11

5.2 OPERE DI SISTEMAZIONE AMBIENTALE pag. 12

5.3 SCHEMA DI DISCIPLINAMENTO DELLE ACQUE pag. 14

PREMESSE

Su incarico della ditta Cave di Frisolino S.r.l. con sede a Ne (GE), sono state condotte le indagini geologiche, idrogeologiche, geotecniche e geomeccaniche sui terreni interessati dal progetto di variante al piano di coltivazione del polo estrattivo di calcare in località Costa dei Sergi nel comune di Ne.

L'intervento è individuabile nella C.T.R. Elementi nn. 232022 Arzeno e 232023 M. Bossea, il cui stralcio è allegato alla presente (ALL.1-FIGURA 1), mentre i terreni coinvolti dal progetto sono distinti con diversi mappali contenuti nel foglio 30 del N.C.T. del comune di Ne.

Il polo estrattivo è inserito nel P.T.R.A.C. preparato ai sensi della L.R. 30 dicembre 1993 n. 63, con la scheda n.81 (Sigla: GE 27 nuovo polo estrattivo in località Costa dei Sergi).

Facendo riferimento alla cartografia di progetto sono state calcolate le superfici interessate dai lavori di coltivazione del giacimento calcareo:

- la zona totale da destinare alle attività estrattive prevista nella zona Ca del P.T.R.A.C. presenta una superficie di circa 112.000 m^2;
- le aree in disponibilità alla ditta esercente all'interno della zona Ca ammontano a 92.800 m^2;
- la aree attualmente interessate dalle operazioni di scavo a seguito del piano di coltivazione approvato presentano una estensione di 30.000 m^2;
- con il nuovo programma di coltivazione oggetto della presente variante è impegnata una superficie complessiva pari a circa 66.000 m^2 compresa la porzione già destinata ad attività estrattive computata al punto precedente.

Il giacimento di calcari, debolmente silicei, noti in letteratura geologica come Calcari a Calpionelle, si estende lungo un versante acclive denominato "Costa dei Sergi", da quota 475 m fino alla sommità posta a quota 675 m s.l.m.

La precedente autorizzazione regionale è riferita a un fronte di scavo che si sviluppa fra quota 675 m s.l.m. e quota 550 m s.l.m. Attualmente la porzione residua del complesso estrattivo fra quota 550 m s.l.m. e la strada provinciale a quota 385 m s.l.m. è destinata alla sola viabilità interna di accesso alla zona estrattiva.

Attraverso il progetto di variante la ditta esercente intende ampliare la zona di coltivazione verso valle, in direzione W, fino alla quota 490 m s.l.m.

Rispetto a questo piano di riferimento è previsto un primo abbassamento in trincea fino a q. 475 m s.l.m. ove il piano di lavoro va a raccordarsi con il piazzale previsto a tale quota nella prima ipotesi progettuale. Segue un secondo ribassamento in fossa, fino a q. 460 m s.l.m., che costituisce il piano terminale di lavoro.

In ragione dell'acquisizione di nuovi mappali in proprietà, un avanzamento è previsto anche in direzione N e NE, rimanendo all'interno della zona di coltivazione "Ca" prevista nel Piano Territoriale Regionale delle Attività di Cava di seguito indicato come P.T.R.A.C.

L'attività estrattiva procederà secondo uno sviluppo a gradoni di dimensioni variabili, di altezza massima pari a 15 m e ampiezza massima 10 m di raccordo fra l'attuale piano di coltivazione e il piazzale principale di cava a quota 490 m s.l.m.

La fase di sistemazione finale di una parte dei piani di lavoro avverrà contestualmente alle attività estrattive mentre a partire dal piazzale principale è prevista, a fine lavori di coltivazione, una fase di abbancamento di materiali inerti, del tipo terre e rocce da scavo, finalizzata al recupero ambientale e alla sistemazione finale dei fronti di cava basali

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

A. norme tecniche

D.M. Infrastrutture 14.01.2008 "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*" e relativa circolare applicativa n. 617 del 02.02.2009;

Circolare Applicativa 02.02.2009 n.617 *("Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008").*

B. norme di pianificazione del territorio

E' fatto riferimento al Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (Ambito 16 – *T. Graveglia*) approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 67 del 12.12.2002 e con Delibera del Consiglio Provinciale n. 48 del 15.10.2003; per l'area di stretto intervento si può descrivere quanto segue (ALL.1-FIGURA 2):

- il rio Ricasola che scorre a N del complesso estrattivo è inserito nella carta della rete idrografica;
- nella carta della franosità reale è segnalata la presenza di scarpate superiori a 10 m di altezza e di ruscellamento diffuso lungo la zona di crinale della Costa dei Sergi, fenomeno che conferma la validità della scelta progettuale di convogliare tutte le acque di cava sul lato opposto verso il rio Ricasola;
- la carta della pericolosità geomorfologica classifica l'area interessata nelle zone di cava attiva;
- nella carta del rischio geomorfologico la zona in oggetto è classificata come zona di cava attiva.

Come indicato nelle norme del Piano, art. 16 comma 6, nelle aree definite come classi speciali (cave attive, miniere attive e discariche in esercizio) vigono gli specifici Piani di settore.

A livello comunale è fatto riferimento alle indagini geologiche connesse allo Piano Urbanistico Comunale di Ne: si osserva che nella Carta di zonizzazione il comparto è classificato, in termini di suscettività d'uso, come A1 (aree con criticità di livello medio e diffuso, versanti al limite di stabilità per somma di fenomeni, frane, erosioni potenziali o in atto).

C. VINCOLI

- vincolo idrogeologico: LL.RR. n. 22/84 e n. 4/99, circolare R.L. n. 57382/91;
- vincolo ambientale: ex L. n.1490/39 e Dlgs. n.142/2004;
- aree carsiche: L.R. 14/90.

2. PROFILO GEOLOGICO

L'area indagata si estende in sinistra orografica del T. Reppia, ad una quota compresa tra 675 m s.l.m. (Crocetta d'Arzeno) e 375 m s.l.m., ed è limitata da crinali naturali, tra cui, quello verso Sud, è definito Costa dei Sergi.

Il pendio presenta un profilo particolarmente acclive fino a 475 m, dove assume una pendenza più blanda fino al tracciato della Strada Provinciale n°26 Carasco – Reppia, articolata lungo il fondovalle.

Questo secondo tratto, che degrada verso l'alveo del T. Reppia, presenta un'acclività compresa tra 60% e 70%, ed è caratterizzato da una successione di vallecole e crinali secondari, disposti con assetto medio Est-Ovest, la cui origine è talora legata a lineazioni tettoniche.

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE

La descrizione dell'assetto geologico-strutturale è definita sulla base del rilevamento diretto di campagna, adottando le terminologie delle più recenti note scientifiche sull'area (Abbate E. et al., 1980; Regione Liguria, 2005).

Nell'area in esame affiorano esclusivamente formazioni appartenenti all'Unità di Monte Porcile: schematicamente la successione stratigrafica, dall'alto verso il basso in senso geologico, è la seguente (ALL.1-FIGURA 3):

- Argille a Palombini (APA)
- Calcari a Calpionelle (CCL)
- Diaspri di M. Alpe (DSA)

Le Argille a Palombini affiorano nella porzione settentrionale di tutta l'area rilevata, nei pressi del T. Ricasola: si tratta di argilliti grigio scure in banchi e sottili alternanze ritmiche argillite-siltite, intercalate a strati calcarei (palombino) raramente a base calcarenitica.

Il contatto con i Calcari a Calpionelle si rileva in prossimità dell'alveo del T. Ricasola e ne segue approssimativamente il tracciato con andamento circa Sud-Ovest/Nord-Est.

Si ritiene che il contatto sia di natura stratigrafica e, a causa di una transizione graduale tra le due formazioni, con un apporto sempre maggiore di materiale pelitico, questo risulta di difficile definizione.

I Calcari a Calpionelle occupano integralmente la parte centrale dell'area indagata: sono rappresentati da strati medi e potenti di calcare chiaro con subordinate sottili intercalazioni di materiale argillitico, al passaggio con la Formazione dei Diaspri di M. Alpe. Il contatto con quest'ultima è ritenuto in parte tettonico.

I Diaspri di M. Alpe affiorano nei pressi della Cima Croce d'Arzeno a 675 m s.l.m. e lungo il crinale che degrada verso Nord fino a circa 600 m s.l.m. La Formazione, dal caratteristico colore rossastro e frattura tipicamente concoide, è costituita da livelli sottilmente stratificati e intensamente ripiegati di radiolariti e peliti argilloso-silicee.

I materiali soggetti a sfruttamento sono calcari a elevato contenuto in silice, che risultano idonei a essere utilizzati come massi per pannelli frangiflutti, nella protezione di spiagge, moli e porti. Occasionalmente, questi lapidei sono usati anche a difesa di linee ferroviarie, come nel tratto tra Lavagna e Sestri Levante; elementi a pezzatura più fine sono impiegati come inerti per calcestruzzi.

Ai materiali di natura calcarea possono essere assegnati valori di resistenza a compressione monoassiale compresi tra 30 MPa e 90 MPa.

Si può, pertanto, concludere che il materiale lapideo oggetto di coltivazione possiede buone doti di durevolezza, è generalmente privo di discontinuità significative, è compatto e sufficientemente pesante.

2.2. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Il pendio oggetto di coltivazione è situato nell'alta Val Graveglia, in orografica sinistra del T.Reppia, sul fronte opposto al complesso minerario di Gambatesa.

Più in particolare, il versante in esame rappresenta il contrafforte morfologico che declina dalla Crocetta d'Arzeno verso il T.Reppia: il crinale secondario che limita verso sud l'area costituisce la località denominata Costa dei Sergi.

L'assetto geomorfologico dei terreni in esame può essere schematicamente suddiviso in una fascia superiore, da 475 m a 675 m (Crocetta d'Arzeno) e nella porzione inferiore, tra 475 m e 375 m s.l.m. (strada provinciale Carasco-Reppia). Nella porzione superiore si può distinguere:

- un settore leggermente concavo, interessato dalla realizzazione della strada di accesso all'area di coltivazione, dove si rileva il basamento roccioso fratturato, affiorante o subaffiorante, con localizzate sacche di coltre prevalentemente eluviale, talora rimaneggiata a fasce sorrette da muri a secco;
- la porzione di versante interessata attualmente dall'attività estrattiva, profondamente modificata dalla coltivazione e composta da un piazzale di cava posto a quota media 550 m s.l.m. e da fronti lapidei gradonati che si raccordano con la fascia assiale della Costa dei Sergi e con la culminazione della Crocetta di Arzeno. Nelle porzioni non interessate direttamente dall'attività di cava si osservano estesi affioramenti di calcare, mentre in direzione del T. Ricasola si rileva una copertura, di natura eluvio-colluviale, spesso rimaneggiata a fasce.

2.3. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Gli assi di drenaggio principali dell’area in esame sono rappresentati dal T. Reppia e dal suo affluente sinistro, il T. Ricasola, che, come già accennato in precedenza, limita la superficie del complesso estrattivo.

Il T. Reppia descrive un assetto meandriforme con direzione media Nord-Sud, mentre il T. Ricasola, caratterizzato nella parte terminale da un profilo longitudinale a gradini alti anche qualche metro, scorre con direzione Est-Ovest.

Durante il rilevamento effettuato sul terreno prima dell'inizio dei lavori di coltivazione non sono stati osservati corsi d'acqua lungo il versante che declina dalla Croce d'Arzeno e nella porzione superiore del pendio, nonostante risulti conformata ad impluvio, non si sono manifestate tracce di acque incanalate.

L'assetto idrogeologico dell'area studiata è caratterizzato da un massiccio carbonatico rappresentato dalla Formazione dei Calcari a Calpionelle, impermeabile in condizioni d'assoluta integrità; stante l'evoluzione tettonica e geologica subita, la Formazione è localmente permeabile per fratturazione con le discontinuità caratteristiche che rappresentano le vie di circolazione preferenziale.

Da osservazioni maturate durante la fase di rilevamento sul terreno, si ritiene tuttavia che l'infiltrazione nel massiccio carbonatico sia molto ridotta e avvenga in tempi regolati dalle condizioni locali di fratturazione che determinano condizioni che variano dalla totale impermeabilità a una modesta permeabilità per fratturazione lungo le discontinuità principali.

Appare ragionevole assegnare un valore medio del coefficiente di permeabilità K della roccia dell'ordine di 10^{-8} m/s.

3. STRATIGRAFIA E DEFINIZIONE DEI PARAMETRI MEDI DEI MATERIALI

Sulla base dei rilevamenti di superficie, unitamente ai risultati ottenuti con tutte le indagini e prove in sito condotte nelle differenti fasi progettuali, è stato definito un profilo stratigrafico medio del settore oggetto di variante.

Nell' ALLEGATO 1 sono riportate n. 5 sezioni stratigrafiche rappresentative rispettivamente della fase di coltivazione (FIGURE 7 A-E) e di abbancamento (FIGURE 8 A-E), ricostruite sulla base degli elaborati grafici di progetto, al fine di consentire l'immediata comprensione dei rapporti geometrici tra gli orizzonti di seguito descritti.

Sono di seguito attribuiti ai livelli individuati i parametri geotecnici e geomeccanici medi, desunti dai risultati ottenuti con le indagini condotte nel comparto di studio, unitamente all'esperienza personale maturata su terreni e ammassi rocciosi analoghi.

3.1. MATERIALE DI RIEMPIMENTO

Si tratta dei materiali classificabili come terre e rocce da scavo che verranno utilizzati per il riempimento dell'area a fine coltivazione, il cui fuso granulometrico prevalente rientra nel campo delle sabbie e delle ghiaie, con sporadica presenza di trovanti grossolani.

Il comportamento geotecnico complessivo è granulare, anche se localmente possono essere presenti contenuti in materiale più fine che complessivamente, quale condizione imposta, non devono superare il 40% del volume totale, al fine di garantire un comportamento geotecnico di tipo attritivo ma, contestualmente, favorire le condizioni di compattazione ottimali.

Nel caso di apporti in cantiere di materiali che non rispettano tale prerogativa si dovrà provvedere a preventiva miscelazione con materiali opportunamente selezionati in precedenza.

Per quanto attiene alla caratterizzazione geotecnica si possono fornire i seguenti parametri medi, proposti sulla base dell'esperienza personale, maturata tramite prove geotecniche in sito su questo tipo di terreni:

- densità secca: 17-18 kN/m^3;
- peso di volume saturo: 19-21 kN/m^3;
- peso di volume naturale: 18-20 kN/m^3;
- angolo d'attrito efficace (picco): 33°-35°;
- coesione efficace: nulla;
- modulo elastico: 10-50 MPa

3.2 COPERTURA DETRITICA

Tale orizzonte è stato ricondotto cautelativamente ai primi due livelli delle indagini geofisiche eseguite presso il sito d'intervento ed è stato interpretato come un mezzo di natura detritico-colluviale contraddistinto da una percentuale prevalente di frazione sabbioso-ghiaiosa in subordinata matrice fine, presente in massima parte nel settore medio-terminale del pendio.

L'ipotesi che il secondo livello sia riconducibile, almeno in parte, a un substrato roccioso molto alterato potrà essere verificata in fase di cantiere.

In considerazione delle caratteristiche granulometriche il comportamento della copertura sciolta è assimilato a quello di un materiale granulare: per quanto attiene ai parametri geotecnici si può indicare una densità secca di 16-17 kN/m^3 ed un peso di volume naturale di 19-20 kN/m^3; i terreni sono in genere umidi ma non saturi.

Relativamente ai parametri di resistenza si ritiene sufficientemente cautelativo attribuire al materiale descritto valori dell'angolo di attrito efficace compresi tra 32° e 34° e coesione drenata nulla.

Indagini di laboratorio eseguite ad altro titolo su terreni similari hanno consentito di ricavare l'andamento del modulo elastico: al 50% della deformazione il valore E_{50} è circa 5 MPa mentre in fase di scarico-ricarico il modulo E_{ur} raggiunge circa 15 MPa.

3.3 SUBSTRATO ROCCIOSO

Sulla base dell'analisi strutturale eseguita nel 2012 e integrata dalle stazioni geomeccaniche approntate nel 2013, supportata dai dati derivati dalla bibliografia esistente (Falcioni C. et al., 1995) e dalle prove di laboratorio eseguite sulle stesse Formazioni, è fornita una classificazione dell'ammasso roccioso adottando la classificazione tecnica R.M.R. (Rock Mass Rating) (Bieniawski Z.T., 1989).

Tale metodologia si basa sul rilievo di sei parametri caratteristici, la cui somma permette di suddividere gli ammassi rocciosi in cinque classi di qualità (ALL.1-TABELLA 1).

Poiché a seguito delle osservazioni condotte con le metodologie sopra esposte si evidenziano, per alcuni parametri della classificazione R.M.R., condizioni piuttosto disperse, si

attribuisce a questi un doppio valore di punteggio, valevole rispettivamente per le condizioni medie rappresentative e per quelle peggiori dell'ammasso.

	Parametro	***Condizioni peggiori***	***Rating***	***Condizioni medie***	***Rating***
1.	*Resistenza roccia intatta*	25 – 50 MPa	4	25 – 50 MPa	4
2.	*R.Q.D.*	25% - 50%	8	50% - 75%	13
3.	*Spaziatura dei giunti*	20cm - 60 cm	10	60 cm - 1 m	15
4.	*Condizioni dei giunti*	Persistenza elevata, apertura tra 0.1 e 1 mm, legg.rugosi, con mat. di riempimento, leggerm. alterati	15	Persistenza elevata, chiusi, legg.rugosi, con mat.di riempimento, leggerm alterati	18
5.	*Condizioni idrauliche*	asciutto	15	asciutto	15
6.	*Orientazione dei giunti*	discreto	-15	favorevole	-5

Assegnati i valori a ciascun parametro, si ottiene l'indice di classificazione RMR con la seguente relazione:

$$RMR_{corretto} = RMR_{base} + R6 = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6 = 37\text{-}60$$

che pone la formazione tra la classe III (discreta) e la classe IV (scadente).

La definizione del comportamento geomeccanico dell'ammasso è stata ottenuta applicando la metodologia proposta da MARINOS E HOEK (2000) che prevede l'utilizzo del Geological Strenght Index (G.S.I.), ottenibile dalla stima dell'indice R.M.R. (Rock Mass Rating) di Bieniawski (1989) secondo la seguente formulazione:

$$G.S.I. = R.M.R.(1989) – 5 = (R1 + R2 + R3 + R4 + 15) - 5$$

Da cui si ottiene un campo valore del G.S.I. compreso tra 47 e 60 (ALL.1-TABELLA 2).

La resistenza alla compressione monoassiale è stata assunta cautelativamente tra 40 MPa e 60 MPa.

Al fine di derivare i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso da utilizzare per le analisi di stabilità globale e per le verifiche sui singoli gradoni si è ritenuto opportuno adottare il modello *continuo-equivalente*, in ragione dello stato di fratturazione accertato e della scala dell'intervento.

I parametri di resistenza al taglio sono stati desunti con l'inviluppo a rottura stabilito con il criterio empirico di Hoek-Brown (Hoek et al., 2002), adottando un valore del peso di volume di 25-26 kN/m^3; una costante m_i di 7± 2 ("chalk") ed un fattore di disturbo (D) pari a 0.7.

In ragione del differente stato di conservazione dell'ammasso si è scelto di effettuare l'analisi secondo un approccio statistico combinando tre differenti indici del G.S.I. (47, 53, 60) e di resistenza alla compressione monoassiale (40, 50, 60 MPa). I valori di coesione, angolo di attrito e modulo elastico sono stati calcolati entro un range tensionale di 700 kPa sui singoli gradoni in funzione della loro geometria (15 m). La sintesi di quanto ottenuto è riportata nelle tabelle sottostanti.

A) DATASET VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALI

Res. Compr. Monoass. (MPa)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito (°)	Modulo Elastico (MPa)
Valori medi	**371,67**	**44,11**	**1677,33**

B) DATASET VERIFICHE DI STABILITÀ SUI SINGOLI GRADONI

Res. Compr. Monoass. (MPa)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito (°)	Modulo Elastico (MPa)
Valori medi	**289.78**	**47.81**	**5591.33**

4. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base espressa a sua volta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g (in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S_e (T) con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R.

Ai fini della normativa, le forme spettrali sono definite a partire dai parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Alla luce delle suddette Norme Tecniche, gli spettri sismici dipendono non più dalla zona sismica come nelle precedenti normative (O.P.C.M. 3274/2003 e s.m.i), ma dalle coordinate geografiche del sito. Al fine di ricavare i valori dei suddetti parametri a partire dai nodi del reticolo di riferimento per un assegnato periodo di ritorno (Tabella 1 - Norme Tecniche), sono di seguito riportate le coordinate Gauss-Boaga dell'area d'intervento (Microsoft Virtual Earth, 2009):

- latitudine: 44.359704 N (ED 50);
- longitudine: 9.462579 E (ED 50);

Occorre, tuttavia, considerare che il moto generato da un sisma in un sito dipende anche dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi, nonchè dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Tali fattori tendono a modificare le caratteristiche del segnale sismico rispetto a quello di un sito di riferimento rigido come definito precedentemente.

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata, in prima approssimazione, ricavando la velocità equivalente delle onde S nei primi 30 m dal piano di posa fondazionale (Vs_{30}) e riconducendo l'assetto stratigrafico del sito ad una specifica categoria di sottosuolo.

In ragione della tipologia progettuale e dell'assetto stratigrafico ricostruito nel presente documento è stata adottata una categoria di suolo di fondazione di tipo A *che comprende ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di* Vs_{30} *superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

Per quanto riguarda gli effetti topografici, ovvero la modifica all'azione sismica indotta dalla geometria superficiale del terreno, la morfologia finale del sito è stata associata alla categoria T4 (Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°) della Tabella 3.2.IV delle Nuove Norme Tecniche.

I parametri di pericolosità sismica necessari per le verifiche agli stati limite in condizioni dinamiche sono stati derivati con apposito programma di calcolo (GEOSTRU-PS, 2009) e riassunti nell'ALL.1-TABELLA 7 (Stabilità dei pendii), imponendo, salvo ulteriori specificazioni del progettista, una vita nominale dell'opera di 50 anni e una classe I (costruzioni con presenza solo occasionale di persone).

5, CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE

I metodi di coltivazione del giacimento e le tecniche di sistemazione finale dei fronti di scavo per la ricomposizione ambientale del complesso estrattivo sono descritti dettagliatamente nello studio di impatto ambientale e nel programma di coltivazione.

In questo capitolo conclusivo sono stati ripresi e riassunti i metodi previsti per definire lo stato finale del sito e gli interventi di ripristino ambientale finalizzati a minimizzare gli impatti derivanti dalle attività estrattive per un migliore inserimento nel contesto territoriale esistente.

5.1 COLTIVAZIONE DEL GIACIMENTO CALCAREO

In riferimento ai contenuti progettuali si possono definire le seguenti fasi di coltivazione:

- 1° fase: riprofilatura dello stato attuale del fronte di cava fino al piano del piazzale principale a quota 546 m s.l.m. con previsione di 5 gradoni di lavoro;
- 2° fase: inizio dello sfruttamento della zona basale verso W e della zona laterale verso N da quota 546 m s.l.m. a quota 518 m s.l.m. ove è prevista la realizzazione di un piazzale provvisorio, con previsione di 2 gradoni e inizio di approfondimento in trincea;
- 3° fase: raggiungimento dei profili finali di scavo da quota 518 m s.l.m al livello del piazzale definitivo a quota 490 m s.l.m. con previsione di 2 gradoni ed ulteriore ribassamento di due piani in fossa fino alla quota di riferimento di 460 m s.l.m..

Le operazioni di sbancamento, dettagliatamente descritte nel programma di coltivazione, saranno attuate progressivamente, partendo dalle quote sommitali ed approfondendo il fronte secondo la tecnica delle trance orizzontali, in modo tale da mantenere il controllo delle superfici di sbancamento e della stabilità dei gradoni.

Per quanto riguarda il metodo di coltivazione, sarà utilizzato quello più comune, mediante l'uso combinato di esplosivo e mezzi meccanici; questi ultimi saranno impiegati con l'ausilio di benna per il disgaggio e la movimentazione dei detriti con previsione di un limitatissimo ed occasionale uso di martellone demolitore per le porzioni più resistenti di roccia sul fronte di scavo, per le quali non è necessario l'uso di microcariche.

Il materiale estratto sarà selezionato in base alla granulometria e movimentato con mezzi meccanici fino alle piazzole intermedie, ove sarà accumulato temporaneamente in attesa del trasporto ai piazzali di manovra raggiungibili con gli automezzi pesanti attraverso la strada di cantiere esistente.

Il materiale estratto in forma di massi sarà successivamente destinato direttamente ai cantieri di opere civili ed idrauliche, mentre il tout-venant sarà trasportato al frantoio ubicato presso il complesso estrattivo inattivo della cava ex Fornace, oggi al servizio della cava di Costa dei Sergi, posto a circa 2.5 km di distanza, dove, a seguito di selezione e depurazione, sarà utilizzato per la produzione di sabbie e pietrisco. I rifiuti di estrazione derivati dal ciclo produttivo saranno trasportati in cava e riutilizzati per il recupero temporaneo o definitivo dei piani di lavoro e il riempimento dei vuoti di estrazione nella trincea e nella fossa previste.

5.2 OPERE DI SISTEMAZIONE AMBIENTALE

Riprendendo anche in questo caso i contenuti progettuali si possono scandire le fasi di sistemazione dei gradoni in roccia e di sistemazione finale a partire dal piazzale di servizio:

- 2° fase bis: inerbimento dei gradoni realizzati nella parte superiore mediante l'utilizzo di adeguate tecniche forestali fino a quota 560 m s.l.m. La sistemazione a verde sarà eseguita al termine di ogni singola gradonatura, procedendo contestualmente all'escavazione del fronte inferiore;
- 3° fase bis: completamento delle opere di inerbimento dei gradoni realizzati nella parte mediana del fronte mediante utilizzo di adeguate tecniche forestali da quota 560 m s.l.m. a quota 490 m s.l.m.;
- 4° fase: abbancamento progressivo di terre e rocce da scavo e contestuale riprofilatura complessiva del versante a salire da quota 490 m s.l.m a quota 537 m s.l.m. sul fronte principale, mediante realizzazione di 12 gradoni in terre rinforzate, e da quota 537 m s.l.m a quota 579 m s.l.m. per riempimento della zona in trincea mediante 6 gradoni eseguiti con tecniche analoghe. I piani di abbancamento saranno allineati quanto più possibile con le curve di livello originarie.

É previsto, pertanto, a fine lavori di coltivazione un progressivo abbancamento di materiali sciolti classificabili come terre e rocce da scavo in modo da ottenere un nuovo profilo nella zona del fronte principale a partire dalla quota basale (490 m s.l.m.) e procedendo a bancate successive fino a quota 537 m s.l.m.

Oltre questo livello il riempimento interesserà esclusivamente la zona di scavo in trincea fino all'ultimo piano a quota 579 m s.l.m.

Da quota 475 a quota 537 sono previste 12 alzate di 5 m cadauna da realizzarsi con elementi in terre rinforzate con ampiezza dei singoli piani non inferiore a 7.5 m.

A partire da quota 537 l'altezza delle scarpate rimane invariata mentre le ampiezze sono lievemente superiori fino a colmare completamente la zona in trincea fino a quota media 577 m s.l.m.

Nel settore in trincea le pedate dei gradoni sono lievemente pendenti verso valle per consentire un progressivo innalzamento di quota ed un raccordo con le pedate dei gradoni in roccia.

La sequenza di lavori di ricomposizione ambientale prevista è la seguente:

- predisposizione sul limite valle del piazzale di una struttura in terre rinforzate di altezza pari a 5 m;
- riempimento progressivo del piazzale fino ad una altezza massima di 5 m, con terre e rocce da scavo provenienti da sbancamenti in terreno naturale con l'accortezza di concentrare alla base i materiali a granulometria grossolana e nella porzione superiore esposta la coltre di copertura ricca in sostanza organica;
- rullatura e compattazione del materiale abbancato 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;
- inerbimento e piantumazione sui piani esposti di essenze forestali consigliate, secondo le tecniche e le indicazioni descritte nei paragrafi successivi.

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 rigido in rete elettrosaldata è stato posto pari a 65°.

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 alla ricomposizione ambientale dell’intera area, modellata a partire dalla base della superficie di escavazione.

E' previsto il controllo dei nuovi profili in fase realizzativa attraverso opportune verifiche di stabilità, condotte sia in una fase intermedia con volumetria di abbancamento pari a circa il 50% del totale sia nella configurazione finale.

5.3 SCHEMA DI DISCIPLINAMENTO DELLE ACQUE

In riferimento al profilo idrogeologico e geomorfologico indicato si può osservare che la cava risulta esposta lungo un tratto di versante che collega il crinale con la strada di cantiere: nonostante l'estensione del complesso, non è previsto alcun contributo idrico al di fuori dell'area estrattiva, poiché il fronte superiore non sottende alcun bacino idrografico.

In condizioni di normale piovosità l'area presenta regolare drenaggio delle acque di ruscellamento, mentre, durante gli eventi di maggiore intensità, si possono verificare fenomeni di corrivazione superficiale, a causa dell'elevata acclività del fronte, di una presenza limitata di copertura vegetale e della mancanza di un reticolo di drenaggio ben definito.

La quantità di acque che, in caso d'intensa piovosità, si riversa sulle porzioni di versante a quote inferiori, provenienti dall'anfiteatro artificiale in cui risulta sagomato il fronte di cava, sarà raccolta sfruttando in parte le vie di deflusso esistenti e in parte realizzando solchi in roccia indirizzati verso il sistema di smaltimento principale: in entrambi i casi per lo smaltimento delle acque si farà riferimento al T. Reppia, sia in maniera diretta, sia attraverso un sistema di corrivazione indirizzato verso il suo tributario T. Ricasola.

I dispositivi da mettere in atto possono essere articolati in settori con diverse problematiche idrogeologiche. I dettagli progettuali e le quote di riferimento sono rimandati allo Studio idraulico.

Chiavari, 24 gennaio 2014

Dott. Geol. Giacomo Canepa