



REGIONE TOSCANA

GIUNTA REGIONALE

PIANO REGIONALE CAVE

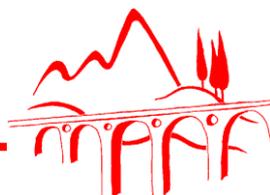
L.r. 25 marzo 2015 n.35

Adottato con Delibera Consiglio Regionale n° 61 del 31/07/2019

PROGETTO DI INDAGINE TRIDIMENSIONALE DELA RISORSA MARMIFERA DEL SOTTOSUOLO DELLE ALPI APUANE

LINE GUIDA TECNICHE DI SUPPORTO ALL'APERTURA E RIATTIVAZIONE DI CAVE DI PIETRE ORNAMENTALI

**PR
12B**



Linee guida tecniche di supporto all'apertura e riattivazione di cave di pietre ornamentali Regione Toscana

Indice

1. INTRODUZIONE

2. QUADRO CONOSCITIVO

- Rilievo topografico;
- Carta geologica d'inquadramento generale;
- Carta geologica originale di dettaglio (scala 1/1.000; 1/500);
- Carta delle discontinuità fragili (Scala 1/1.000; 1/500);
- Rilievo geomeccanico e caratterizzazione dell'ammasso roccioso;
- Campagna di sondaggi geognostici;
- Modello idrogeologico.

3. ASPETTI PROGETTUALI

- Analisi di stabilità generale del pendio e della zona degli imbocchi in sottoterraneo;
- Analisi agli elementi finiti delle gallerie di progetto;
- Progettazione sistema di aerazione.

4. ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

- Monitoraggio geotecnico delle gallerie e dei fronti di avanzamento;
- Analisi chimica delle sorgenti in possibile/probabile connessione con la zona di cava;
- Analisi chimica delle acque che scorrono all'esterno della zona di imbocco e dei piazzali di lavoro;
- Analisi dell'aria circolante nelle gallerie;
- Verifica periodica dei fumi emessi dai mezzi meccanici utilizzati nelle gallerie;
- Verifica del rumore presente nelle gallerie;
- Misure di stress in situ.

1 - INTRODUZIONE

L'apertura o la riattivazione di una cava di pietre ornamentali, sia essa a cielo aperto o in sotterraneo, comporta la messa in atto di una serie di procedure tecniche volte all'acquisizione di un quadro conoscitivo di tipo geologico, geomorfologico, geomeccanico e idrogeologico dell'area e di un suo congruo intorno, e volte altresì ad un'attività di progettazione di tipo ingegneristico. Le attività di monitoraggio periodiche inerenti la stabilità delle pareti di cava, dei pilastri e solettoni nel caso di cave in sotterraneo e la misura di alcuni parametri ambientali sensibili costituiscono un'ulteriore parte essenziale delle procedure finalizzate al mantenimento in condizioni di sicurezza dell'attività estrattiva.

Di seguito vengono descritte le linee guida per l'apertura e la riattivazione di nuove cave a cielo aperto e in sotterraneo di pietre ornamentali. Nel caso di cave in sotterraneo analoga documentazione andrà prodotta nel caso di passaggio in sotterraneo da una coltivazione a cielo aperto esistente. Si danno per scontate le verifiche di accessibilità al sito e le ipotesi di riutilizzo dei piazzali di cava e dei vuoti sotterranei a termine dell'attività determinati dall'attività di escavazione. Esula inoltre dalle presenti linee guida la trattazione della fattibilità economica che l'apertura di una cava di pietre ornamentali sia a cielo aperto che, a maggior ragione, in sotterraneo comporta. Il documento che segue è strutturato secondo tre attività successive e temporalmente distinte: i) acquisizione di un quadro conoscitivo aggiornato ed originale, ii) progetto dell'opera e iii) monitoraggi periodici e straordinari.

Il quadro conoscitivo prevede una serie di attività volte alla conoscenza geologico tecnica del sito: i) sviluppo del giacimento nel sottosuolo desunto da attività di rilievo di campagna, analisi statistica dei dati strutturali, realizzazione di sezioni geologiche seriate e di un modello 3D del giacimento; ii) caratterizzazione fisico meccanica della roccia e dell'ammasso roccioso ottenuta mediante rilievi geomeccanici, indagini di laboratorio e analisi in situ finalizzata alla determinazione di un modello geomeccanico dell'ammasso; iii) caratterizzazione idrogeologica del sito e realizzazione di un modello idrogeologico desunto da specifiche verifiche di campo.

I classici aspetti progettuali ingegneristici sono volti allo studio di problemi di instabilità locale dovuti ad esempio dovuti al distacco eventuale di blocchi dal tetto o dalle pareti delle cave a cielo aperto o delle camere in sotterraneo e problemi di stabilità globale in sotterraneo che comportano il movimento e il pregiudizio dell'intera massa rocciosa. L'Analisi tensionale delle gallerie di progetto è finalizzata alla definizione delle dimensioni dei pilastri, delle camere e dei diaframmi e alle verifiche di stabilità in condizioni statiche e dinamiche. La sicurezza statica in generale delle opere in sotterraneo condiziona le scelte in sito ed impone un corretto dimensionamento delle strutture diventando spesso determinante nelle valutazioni di ordine economico.

Le attività di monitoraggio prevedono verifiche saltuarie, periodiche e straordinarie delle condizioni di stabilità del sito e del mantenimento della salubrità dell'ambiente. Alcune specifiche verifiche sono volte all'esclusione di inquinamenti delle acque potenziali o in atto.

2 - QUADRO CONOSCITIVO

- Rilevo topografico

Il rilievo deve essere mirato alla restituzione di una carta topografica in scala di dettaglio (1/1.000; 1/500) finalizzata alla realizzazione delle carte tematiche di seguito descritte. In caso di aree vaste è possibile prevedere l'utilizzo di velivoli leggeri per l'acquisizione di immagini di precisione della superficie. Nel caso di pareti verticali o aggettanti è possibile l'utilizzo di drone o laser scanner. Le immagini acquisite potranno essere utilizzate per lo studio fotogeologico di seguito menzionato (Carta delle discontinuità fragili).

- Carta geologica d'inquadramento

Scopo del documento è inserire l'area d'interesse nel contesto geologico regionale. La scala della carta deve essere tale da illustrare le strutture geologiche principali presenti in un congruo intorno dell'area d'intervento e contenere la descrizione delle unità tettoniche e delle formazioni geologiche affioranti. Tale elaborato potrà essere desunto dalla cartografia geologica ufficiale quale ad esempio i Fogli CARG pubblicati dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) o il continuum della Regione Toscana.

- Carta e sezioni geologiche originali di dettaglio (scala 1/1.000; 1/500)

L'estensione di territorio da indagare deve essere sufficientemente ampia da permettere di proiettare nel sottosuolo gli elementi strutturali cartografati e realizzare sezioni geologiche di dettaglio fino ad una congrua profondità. La carta deve contenere tutti gli elementi strutturali presenti in affioramento (stratificazione, scistosità, assi di piega, lineazioni di estensione, ecc.).

La raccolta delle misure geologico-strutturali in campagna può essere effettuata direttamente in formato digitale con il vantaggio di acquisire dati georiferiti. L'ubicazione delle stazioni strutturali può essere realizzata mediante un Geonotepad dotato di GPS che consenta l'acquisizione digitale degli elementi misurati con la bussola da geologo o con specifica up.

I dati raccolti devono essere necessari e sufficienti da permettere una loro elaborazione statistica finalizzata all'individuazione di domini omogenei sulla base dei quali realizzare sezioni geologiche seriate di dettaglio opportunamente orientate. L'elaborato deve riportare inoltre le principali discontinuità fragili riconosciute durante il rilievo di campagna integrate con i dati derivanti dall'attività di fotointerpretazione.

Procedura:

- rilievo in campagna con ausilio di Geonotepad dotato di GPS degli elementi strutturali in numero sufficiente da poterne realizzare un'analisi statistica;
- individuazione di aree con orientazione omogenea degli elementi strutturali (domini omogenei) e rappresentazione degli elementi strutturali presenti in ogni dominio mediante proiezioni stereografiche;
- realizzazione in ogni dominio omogeneo individuato di sezioni geologiche seriate opportunamente orientate rispetto all'asse medio delle strutture plicative presenti;
- stima del volume complessivo del giacimento mediante modello vettoriale tridimensionale desunto dalle sezioni geologiche.

- Carta delle discontinuità fragili (Scala 1/1.000; 1/500)

Le discontinuità dell'ammasso roccioso devono essere individuate mediante i metodi proposti da ISRM, nel caso di strutture complesse o aree vaste possono essere integrate da uno studio fotogeologico finalizzato all'individuazione delle principali discontinuità fragili presenti nell'area d'interesse. Dovrà essere indagato lo sviluppo spaziale delle discontinuità e il loro rapporto con la morfologia. L'attività di fotointerpretazione dovrà prevedere dei controlli puntuali sul terreno al fine di verificare la corrispondenza fra le superfici fotointerpretate e le strutture reali, ed eventualmente cogliere dettagli non investigabili mediante fotoaeree. Nel caso non ci fosse disponibilità di foto aeree di adeguata scala si renderà necessario programmare voli specifici con drone o velivoli leggeri.

- Rilievo geomeccanico e caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Il rilievo geomeccanico eseguito secondo le indicazioni ISRM (International Society of Rock Mechanics) è finalizzato ad ottenere informazioni relative al numero di famiglie di giunti, all'orientazione nello spazio delle singole famiglie, spaziatura, persistenza, scabrezza, apertura, eventuale presenza di riempimento o di d'acqua, dimensione e forma del blocco elementare, delle discontinuità che consentono di classificare l'ammasso roccioso secondo i correnti metodi proposti in letteratura: Bieniawski (Indice RMR), Q di Barton, Indice RME (Rock Mass Excavability). Devono inoltre essere valutate per ogni famiglia di discontinuità i valori di JRC e JCS. E' consigliata la realizzazione di prove di laboratorio volte alla determinazione della resistenza a compressione semplice della roccia intatta, del modulo di Young e coefficiente di Poisson (secondo le specifiche ISRM) e della prova di taglio su giunto di roccia per la determinazione della resistenza all'attrito fra discontinuità giustapposte.

- Campagna di sondaggi geognostici

Ad integrazione dei dati derivanti dall'attività descritta nei precedenti punti il progettista può prendere in considerazione l'opportunità di realizzare una campagna di sondaggi geognostici finalizzati alla risoluzione puntuale di specifici problemi relativi alla geometria del giacimento in profondità, sviluppo in profondità di varietà merceologiche particolarmente pregiate, persistenza delle discontinuità nel sottosuolo ecc, considerandole in un modello tridimensionale. E' possibile l'utilizzo di fori a distruzione esistenti di sezione opportuna nei quali utilizzare sonde ottiche capaci di restituire immagini orientate ad alta risoluzione del foro per l'individuazione di zone di fratturazione e avere sulle caratteristiche della litologia attraversata in profondità

- Modello idrogeologico

Sarà costruito sulla base di una verifica con traccianti nell'area d'interesse finalizzate alla verifica della connessione idraulica fra l'area di progetto e le sorgenti potenzialmente interessate. Il modello idrogeologico concettuale deve essere ricavato dal rilievo strutturale dell'ammasso roccioso, dall'individuazione delle linee preferenziali di deflusso, dal censimento di pozzi ed emergenze idriche che consentano di individuare le possibili interferenze tra l'attività di cava e l'acquifero. I test con traccianti artificiali o naturali, infatti, consentono di verificare se esista un collegamento idrico tra due o più punti, generalmente tra un inghiottitoio o una qualsiasi zona d'infiltrazione (un punto di perdita superficiale, una cavità carsica attiva) o un corso d'acqua superficiale o sotterraneo e una sorgente o un gruppo sorgivo, in funzione dell'assetto tettonico e della morfologia carsica. Tali fattori condizionano in maniera determinante l'assetto dell'idrologia e le modalità di circolazione delle acque sotterranee attraverso deflussi ipogei profondi, e, di conseguenza, le modalità di rilevamento di tali traccianti. A tal proposito il monitoraggio dei punti di emergenza idrica deve essere effettuato con una frequenza da stabilire sulla base del sito di interesse e di un modello idrogeologico del versante interessato dalla cava in sotterraneo.

Il modello del circuito idrico ipogeo che consideri anche parte del versante interessato dalla cava deve contenere il posizionamento ingressi di cavità sotterranee (grotte, abissi ecc..) e il loro sviluppo in sottterraneo. Nel caso di potenziale interferenza tra attività estrattiva e sorgenti, dovrà essere sviluppato un modello idrogeologico e ricostruita la piezometria basandosi anche su sondaggi in situ possibilmente corredati di log idrogeofisici in foro, prove Lugeon e/o indagini geofisiche e geoelettriche.

Il documento deve contenere la definizione del ciclo delle acque di lavorazione con descrizione delle metodologie di raccolta e trattamento delle acque reflue, modalità di pulizia del pavimento delle gallerie e modalità di sigillatura delle fratture presenti sul piazzale e pareti laterali delle gallerie.

3 - ASPETTI PROGETTUALI

- Analisi di stabilità generale del pendio interessato dalla coltivazione e nel caso di ingresso in sottterraneo della zona di versante interessata dai portali di imbocco delle gallerie. Progettazione degli interventi di messa in sicurezza con verifiche secondo le norme NTC 2018 e prescrizioni AGI, sia del versante che della eventuale zona di imbocco. Per la zona sovrastante l'imbocco della/e gallerie ed i piazzali in cui avvengono lavorazioni secondarie o deposito del materiale estratto dovrà essere eseguito, mediante verifica diretta in parete e/o con un drone o laser scanner, una verifica dei cunei potenzialmente instabili e definito il progetto di messa in sicurezza del versante, attraverso l'individuazione dei blocchi da disgiungere, consolidare con chiodature e le aree da coprire e proteggere con reti in aderenza o paramassi.

- Analisi tensionale agli elementi finiti FEM e/o analisi alle differenze finite FDM e/o analisi agli elementi distinti FDM delle gallerie di progetto, definizione delle dimensioni dei pilastri, camere e diaframmi e loro verifiche di stabilità in condizioni statiche e dinamiche. Laddove la geometria del sottterraneo non sia regolare o siano presenti significative discontinuità, l'analisi dovrà essere condotta con l'uso di modelli tridimensionali, validati da opportune prove in situ (stress in situ, vedi attività di monitoraggio).

- Nel caso di cave in sottterraneo progettazione sistema di aerazione della galleria secondo gli standard previsti dalle normative in vigore.

4 - ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

- Monitoraggio geotecnico dei fronti di avanzamento e delle gallerie secondo la normativa vigente, prescrizioni AGI e ISRM al fine di misurare forze, spostamenti e tensioni.

- Analisi chimica (annuale) delle sorgenti in possibile/probabile connessione con la zona di cava. Nel caso in cui siano presenti sorgenti censite e/o captate a scopo idropotabile nei pressi dell'area di cava o situate in posizioni geometricamente inferiori all'area, o per le quali è stata testata la connessione anche parziale con l'area estrattiva tramite traccianti seppur posizionate all'esterno del bacino idrografico comprendente l'ingresso dell'area in coltivazione sotterranea, dovrà essere progettato un monitoraggio basato su misure effettuate in situ prima e durante la coltivazione.

- Analisi chimica verifica (semestrale) delle acque che scorrono all'esterno della zona di imbocco e dei piazzali di lavoro.
- Analisi dell'aria circolante (annuale) nelle gallerie con rilevamento contenuti di PM10 (inquinanti).
- Verifica periodica dei fumi emessi dai mezzi meccanici utilizzati nelle gallerie (mezzi d'opera e di servizio)
- Verifica del rumore presente nelle gallerie con tutti i mezzi in opera, con misurazioni strumentali dirette eseguite durante le fasi di lavorazione, da aggiornare per ogni cambiamento di mezzi e attrezzature.
- In casi di accertata potenziale instabilità di porzioni di galleria (forzature al monte, formazione di nuove fratture o incremento di fratture esistenti ecc.) si dovrà prendere in considerazione di realizzare analisi specifiche di stress in situ. Lo sforzo attualmente presente in un volume di roccia è funzione del carico litostatico e della storia geologica della roccia. La magnitudine dello stress presente in genere aumenta con la profondità e quindi in cave in sotterraneo problematiche legate a cedimenti dovuti a concentrazioni di stress aumentano con la profondità. In scavi più superficiali situazioni critiche possono comunque verificarsi in aree con alti valori di sforzi orizzontali e con sforzi orizzontali nulli.

San Giovanni Valdarno 18/04/2018