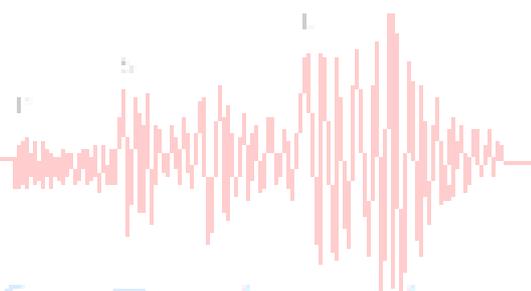


**GeoSAFE** s.a.s.



Geological

*Seismic Analysis for Engineering*

## **SOMMARIO**

1.0 PREMESSA.....	3
2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA .....	5
3.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STABILITA' DEI FRONTI.....	6
4.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA E MICROZONAZIONE .....	15
5.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	22

### [CARTE TEMATICHE \(L.R. 9/83\) - EL. SEZ. C' - TAV.](#)

- Carta ubicazione indagini, in scala 1:2.000
- Carta della Microzonazione Sismica, in scala 1:2.000;

### ALLEGATI:

- S1 - SONDAGGIO GEOGNOSTICO
- INDAGINE SISMICA (MASW)
- INDAGINE SISMICA (HVSr)

## 1.0 PREMESSA

Facendo seguito all'incarico ricevuto, dalla Società Cementir Marbles S.r.l. di S. Andrea di Conza, riguardante lo studio delle aree interessate dalla variante al progetto autorizzato con il decreto regionale n. 68 del 12/04/2010, esso contempla come area di ampliamento una superficie totalmente «scoperta», con il calcare affiorante, in particolare è stato eseguito il seguente studio specialistico, riferito alla stabilità dei fronti e alla microzonazione sismica dell'area.

L'area di Cava della «Breccia Irpinia» investe il territorio di Località Serro la Serpe ovvero il comune di S. Andrea di Conza; il progetto di variante in particolare interesserà esclusivamente la p.lla 120 del foglio di mappa n. 07.

Nello specifico, lo studio redatto secondo la normativa nazionale (D.M. 14/01/2008 e s.m.) e regionale vigente (L.R. 9/83 e s.m.), è basato sulla seguente campagna di indagini geologiche e sismiche (come ubicate nella Carta Ubicazione Indagini) eseguite direttamente sul sito dal committente e costituite da:

- 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo;
- 2 prove sismiche di tipo MASW e HVSR finalizzate alla definizione della categoria di sottosuolo basata sul valore delle onde Vs (30);

si è fatto inoltre riferimento ai sondaggi e alle prove di laboratorio eseguite nell'ambito degli studi geologici precedenti e del PUC Comunale, in aree prossime a quella in oggetto con caratteristiche geologiche, idrogeologiche, morfoevolutive e geotecniche simili all'area in esame al fine di inquadrare il tutto in uno scenario geologico a scala regionale.

Lo studio, è stato articolato in più fasi, anche nel rispetto di quanto riportato negli strumenti urbanistici e di pianificazione, sia a livello comunale che sovracomunale, come di seguito riportate:

- fase preliminare durante la quale si sono reperiti gli studi eseguiti sul territorio comunale e presenti presso vari Enti, una cartografia aggiornata in scala di dettaglio e tutte le foto aeree riguardanti il territorio in questione;
- seconda fase nella quale è stato effettuato un rilevamento geologico di campagna e un rilevamento geomorfologico, confortato sempre dalle foto aeree;
- terza fase durante la quale è stata eseguita una campagna sismica di dettaglio, che si è sviluppata mediante sondaggi geognostici, prospezioni sismiche e prove di laboratorio consultate.

*Tutti i dati reperiti, misurati e interpretati hanno permesso di chiarire le caratteristiche geologiche e sismiche del sito in esame, i cui risultati sono rappresentati nelle seguenti carte tematiche e negli elaborati allegati in fondo alla presente:*

- *Carta ubicazione indagini, in scala 1:2.000*
- *Carta della Microzonazione Sismica, in scala 1:2.000;*
- *Relazione illustrativa finale, stratigrafie, grafici e tabulati relativi alle indagini geognostiche e alle verifiche di stabilità sui fronti di progetto.*

## 2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area in studio, riportata in Catasto Terreni al foglio 7 part. 120, così come riportato nei vari grafici, ricade lungo il margine sud - orientale del territorio comunale, sul versante settentrionale di "Colle Monsignore" (853,80 mt. s.l.m.), fra quota 790 - 850 metri s.l.m.. La morfologia in questa zona assume una configurazione piano - altimetrica alquanto aspra, rappresentata da pendenze dell'ordine del 45 - 55%, che evolvono in alcuni tratti anche a pareti sub - verticali naturali e/o di origine antropica (vecchio fronte di cava). Nel complesso l'area in studio richiama una monoclinale a blocchi, con giacitura caotica. Nei terreni che ospiteranno il giacimento vi è una scarsissima copertura arborea, gli alberi si contano sul palmo della mano, su terreni detritici, che mascherano un'antica morfologia, scolpita nella roccia, costituita da impluvi più o meno incisi e "cicatrici" di origine tettoniche.

I terreni riscontrati sono ascrivibili alla Formazione del flysch rosso, che affiora lungo una fascia estesa in direzione E - O, tra i paesi di S. Andrea e Pescopagano, con una potenza complessiva di circa 300 - 350 metri. Nell'ambito della stessa Formazione è rilevabile un membro siliceo - calcareo - marnoso, inferiore, della potenza di circa 250 metri ed un membro marnoso - argilloso, superiore, di circa 100.

I terreni oggetto di richiesta di coltivazione, chiaramente, sono ascrivibili al membro inferiore, costituiti da calcari, calcari marnosi, brecciole e calciruditi, ascrivibile all'Oligocene - Cretacico Superiore.

I terreni individuati come "giacimento di pietra da taglio di molto pregiato effetto" presentano una struttura alquanto caotica che ricorda il susseguirsi degli eventi tettonici che hanno portato alla formazione dell'Appennino Campano.

### 3.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STABILITA' DEI FRONTI

Le indagini eseguite hanno permesso di definire le caratteristiche tecniche dell'ammasso roccioso oggetto di coltivazione, le quali sono state tarate anche con dati presenti in "letteratura" ed in altri lavori, poiché i terreni in studio, principalmente quelli più esterni, si presentano con un grado di fratturazione variabile, sia in senso verticale che in senso orizzontale.

6.26

A verifica, comunque, dei dati prelevati dalla letteratura e da altri lavori sono state eseguite, nel gennaio 2013, nel rispetto delle norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008, delle nuove prospezione sismiche che hanno fornito indicazioni sullo stato di consistenza e la categoria di suolo con relativo Vs30.

Si è rilevato, comunque, che le normali metodologie di analisi su campioni per la misura diretta dei parametri fisici non sono applicabili ed inoltre l'estrapolazione del dato puntiforme di laboratorio all'intero complesso è in molti casi non attendibile.

Pertanto i dati ricavati dal rilievo geomeccanico, eseguito e presente nella relazione geologica-geotecnica, hanno portato alla determinazione della qualità dell'ammasso roccioso, esprimibile attraverso appositi indici che hanno lo scopo di permettere una valutazione preliminare delle caratteristiche meccaniche della roccia.

- indice RMR (Bieniawski)
- indice Q (Barton)

Pertanto le verifiche di stabilità svolte nell'ambito del presente studio sono state eseguite ai fini di verificare che nello stato di fatto e in particolar modo nello stato di progetto si abbiano adeguate condizioni di stabilità anche per un uso successivo dell'area oggetto di estrazione.

Le analisi sono state eseguite nel rispetto del D.M. 11/3/88, relativo alle

“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”, così come integrate e modificate dalla norme tecniche sulle costruzioni DM 14/01/2008.

I calcoli sono stati effettuati mediante due approcci differenti, il primo dell’equilibrio limite globale, che si basa sulle seguenti ipotesi:

- La legge tensioni-deformazioni del terreno è di tipo rigido-plastico
- La deformazione è piana
- La rottura si raggiunge contemporaneamente lungo tutta la superficie di scorrimento
- Il coefficiente di sicurezza FS è definito come rapporto tra le forze resistenti disponibili e quelle necessarie per l’equilibrio.

ed un secondo che sfrutta il metodo di Hoek e Bray, successivamente descritto.

E’ stato adottato, quindi per il primo approccio, un programma di calcolo basato sul metodo dell’equilibrio limite, in cui l’operatore fornisce la geometria del pendio, la sua stratigrafia, le caratteristiche meccaniche del materiale e la maglia dei centri, ossia una regione del piano in cui il programma di calcolo colloca i centri dei cerchi di scorrimento, distanziandoli in verticale ed in orizzontale di una quantità specificata dallo stesso operatore. I risultati sono espressi in termini di coefficiente di sicurezza FS, definito come il rapporto fra la resistenza a taglio disponibile e la resistenza a taglio mobilitata (aliquota della resistenza disponibile necessaria all’equilibrio).

Adoperando i vari metodi di Bishop, Fellenius e Jambu, nell’equilibrio del concio i-mo con il quale si suddivide la superficie analizzata (si veda fig.1), si considera nota la forma della funzione che lega le forze di interstriscia tangenziali X con le forze normali E.

In particolare la suddetta relazione si esprime come:

$$X = \lambda f(x) E$$

dove  $\lambda$  è una costante scalare incognita ed  $f(x)$  è una funzione di inclinazione definibile con la limitazione  $|f(x)| \leq 1$ .

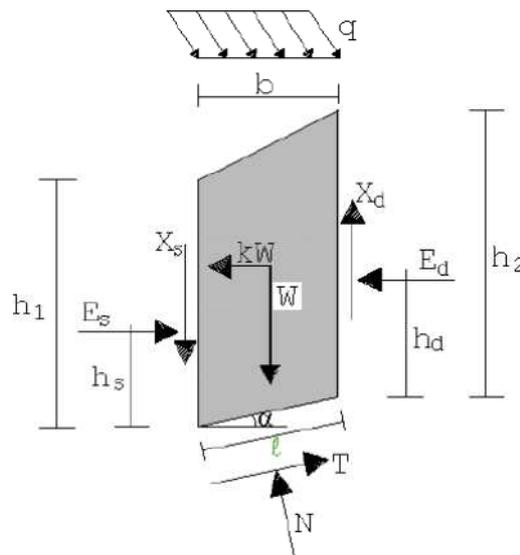


Figura 1 – Forze che intervengono nell'equilibrio del conco i-mo.

Questo metodo consente l'analisi di stabilità per qualsiasi forma della superficie di rottura. Supponendo che la linea di rottura abbia equazione  $y = y(x)$  e la linea delle forze abbia equazione  $y = yt(x)$ , il coefficiente di sicurezza si ottiene risolvendo il sistema di equazioni differenziali che esprimono l'equilibrio alla traslazione e quello alla rotazione.

La risoluzione di queste equazioni differenziali è tutt'altro che agevole, e suggerisce di linearizzare il problema in modo che

- la superficie di rottura ha sulla striscia un'espressione del tipo  $y = Ax + B$
- la funzione  $f(x)$  ha sulla striscia un'espressione del tipo  $f(x) = kx + m$
- la funzione peso ha sulla striscia un'espressione del tipo  $dW/dx = px + q$

Il software utilizzato, è in grado di risolvere le suddette equazioni differenziali, applicando le opportune condizioni al contorno. Inoltre con riferimento alla superficie circolare più critica, ossia quella a cui compete il coefficiente di sicurezza minimo, il software esegue un processo di ottimizzazione della superficie di scorrimento basato su una procedura di discretizzazione con la quale l'arco di circonferenza viene suddiviso in una serie di segmenti i cui vertici vengono spostati in maniera consequenziale fino a quando non si ottiene una superficie a cui compete un coefficiente di sicurezza inferiore. Il processo di calcolo viene ripetuto fino a quando viene soddisfatto il criterio di convergenza imposto, ossia quando la differenza tra i coefficienti di sicurezza calcolati negli ultimi 2 step rientra nei limiti della tolleranza dettata dall'utente (si vedano fig. 2 e 3). Questo tipo di analisi numerica, basato su analisi statistiche del tipo Monte Carlo, è il frutto delle ultime ricerche nel campo della stabilità dei pendii affrontata con gli usuali metodi dell'equilibrio limite (Greco, 1996; Malkawi, Hassan e Sarma, 2001)

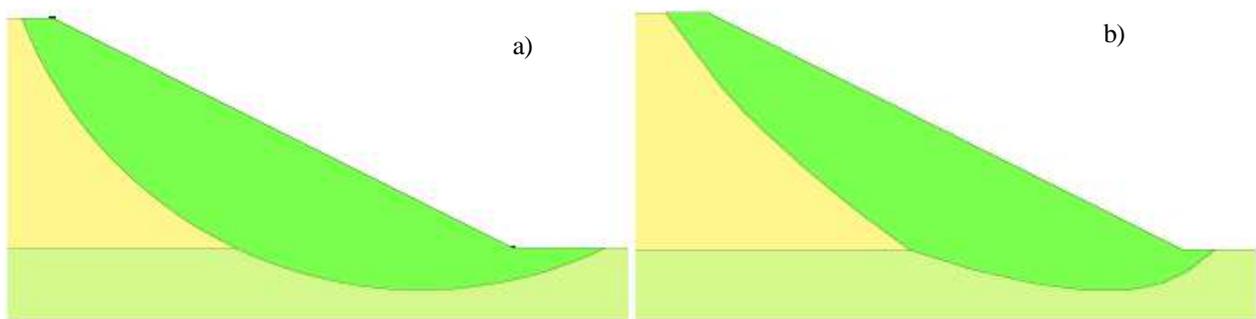


Figura 2 – Superficie di scorrimento ottenuta dagli usuali metodi dell'equilibrio limite (a) e superficie di scorrimento a seguito del processo di ottimizzazione (b).

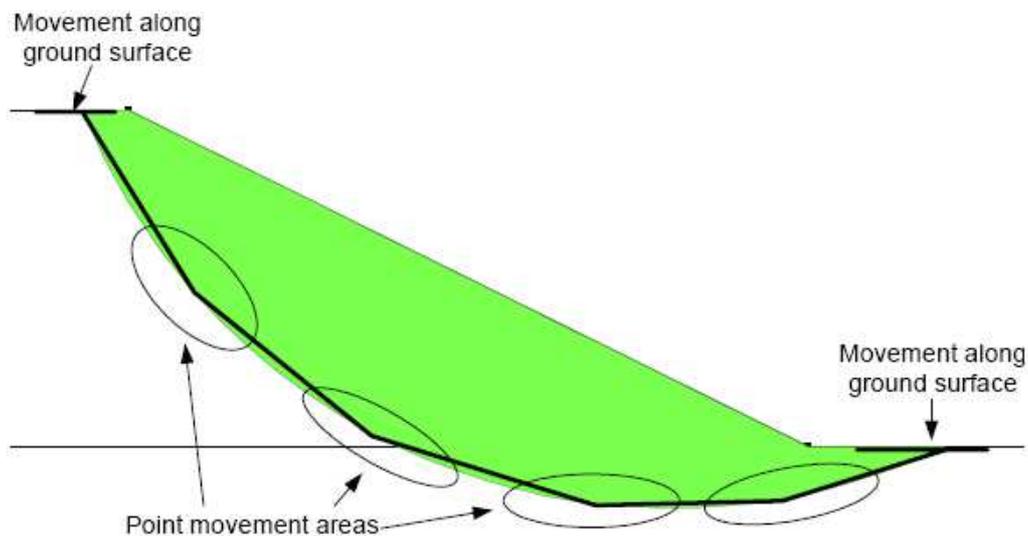


Figura 3 – Schema grafico che illustra il processo di ottimizzazione della superficie analizzata.

Le verifiche, condotte sempre in condizioni drenate, sono state inoltre effettuate in condizioni sismiche, adottando un metodo pseudo-statico con il quale si introducono delle forze instabilizzanti mediante un coefficiente moltiplicativo  $c$  dei pesi propri di ciascun concio in cui è stato suddiviso il volume analizzato. In base alla classificazione sismica del territorio nazionale l'area in questione presenta i seguenti parametri sismici.

Sito in esame

latitudine: 40,83660608899  
longitudine: 15,37582584226  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

#### Siti di riferimento

Sito 1ID: 33217	Lat: 40,8199	Lon: 15,3399	Distanza: 3547,201
Sito 2ID: 33218	Lat: 40,8188	Lon: 15,4059	Distanza: 3214,268
Sito 3ID: 32996	Lat: 40,8688	Lon: 15,4074	Distanza: 4456,266
Sito 4ID: 32995	Lat: 40,8699	Lon: 15,3413	Distanza: 4703,543

11.26

#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B<sup>1</sup>  
Categoria topografica: T2  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

#### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,264 g  
Fo: 2,284  
Tc\*: 0,376[s]

#### Coefficienti Sismici

##### SLV:

Ss:	1,160
Cc:	1,340
St:	1,200
Kh:	0,103
Kv:	0,051
Amax:	3,603
Beta:	0,280

<sup>1</sup> come risulta dalle prove MASW e HVSR eseguite in sito e allegate in fondo alla presente

E' opportuno sottolineare che adoperando tali metodi per le analisi di stabilità in condizioni sismiche si opera molto a vantaggio di sicurezza in quanto la sollecitazione dovuta al sisma sul pendio è considerata sincrona, quindi estremamente gravosa.

Dai risultati emerge che nelle ipotesi di progetto proposte, la configurazione delle pareti come schematizzata nella sezione più critica analizzata (sez. 5), risulta ampiamente sufficiente a garantire coefficienti di sicurezza maggiore di quelli previsti dalla normativa e anche di quelli dello stato di fatto attuale, sia in condizioni statiche che in presenza di sisma, come si evince dalla tabella 2 - approccio 1.

Per i versanti in roccia, è possibile eseguire le verifiche anche con un' approccio diverso da quelli utilizzati tipicamente per i versanti in terra in s.s., il criterio di rottura di Mohr-Coulomb non può essere impiegato per definire la resistenza del materiale; tuttavia con questo metodo viene descritta una procedura che consente l'applicazione dei metodi classici dell'Equilibrio Limite anche nei versanti rocciosi (metodo di Hoek e Bray). A tale scopo vengono definiti l'angolo di resistenza a taglio e la coesione che si mobilitano lungo la superficie di scorrimento secondo le seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\varphi &= AB \left( \frac{N}{\sigma_c} - T \right)^{B-1} \\ c &= A\sigma_c \left( \frac{N}{\sigma_c} - T \right)^B - N\operatorname{tg}\varphi \end{aligned}$$

dove:

$\sigma_c$  è la resistenza a compressione monassiale della roccia;

A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia;

N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T vengono determinate in funzione della classificazione della roccia secondo Bieniawski (indice RMR) e secondo Barton (indice Q). Tra i due sistemi di classificazione, sulla base di numerosi esempi analizzati, è stata trovata la seguente correlazione:

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$

I calcoli sono stati eseguiti mediante l'approccio all'equilibrio limite globale, che si basa sulle seguenti ipotesi:

- la legge tensioni-deformazioni del terreno è di tipo rigido plastico;
- la deformazione è piana;
- la rottura si raggiunge contemporaneamente lungo tutta la superficie di scorrimento, che è nota;
- il coefficiente di sicurezza FS, definito come rapporto fra la resistenza disponibile e la tensione tangenziale agente lungo la superficie di scorrimento ipotizzata, è costante lungo l'intera superficie di scorrimento.

Le analisi di stabilità sono state effettuate riferendosi alla sezione geologica più critica (sez. 5) rappresentativa del versante nello stato di fatto e finale di progetto, utilizzando anche considerazioni di back analyst (metodo di Jambu) per individuare i parametri minimi in condizioni di sicurezza estreme, pertanto le proprietà geotecniche del giacimento sono state ricavate mediante un'analisi a ritroso, variando l'angolo di attrito e la coesione in modo tale da giustificare la stabilità del fronte roccioso nello stato di fatto di aree già oggetto di coltivazione.

Variando nel modello di calcolo i valori dei parametri geotecnici nell'ambito dell'intervallo di valori definito dall'indice RMR, sono stati ricavati i valori della coesione e dell'angolo di attrito tali da giustificare la stabilità all'equilibrio limite (FS=1-1,3), tali valori riportati in tab. 1, sono, nel complesso confrontabili con quelli ricavati con la classificazione del sistema Q Barton e Beniawsky e Romana di termini *Calcari, Dolomie e Marne* come quelli che saranno oggetto

di coltivazione, in particolare si è scelta la classe RMR=44 e Q=1, (ampiamente cautelativa rispetto al rilievo geomeccanico di campagna che ha misurato RMR=53 e Q=4) in oggetto e riportati integralmente nell'allegato verifiche di stabilità e relativi tabulati.

I risultati delle analisi di stabilità, basate sul calcolo e sui parametri prima riportati, confermano che le configurazioni finali della gradonatura, risultano sufficienti a garantire coefficienti di sicurezza maggiori di quelli minimi previsti dalla normativa e di quelli relativi allo stato di fatto.

	Peso dell'unità di volume (kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza a taglio di picco		Resistenza a compressione (kg/cm <sup>2</sup> )
		Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo di attrito (°)	
<b>Giacimento minerario</b>	2200	1,5-2,0	35°-40°	500

Tab. 1 - Proprietà fisico-meccaniche dei terreni utilizzati nel modello stratigrafico

STATO	Stato di fatto e di progetto Sezione N. 5		
	Metodo di Fellenius	Metodo di Bishop	Metodo di Jambu
di Fatto	1.83	<b>1.82</b>	2.23
di Progetto	2.00	<b>1.87</b>	2.24

Tabella 2 - Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità

## 4.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA E MICROZONAZIONE

**Sismicamente** con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Per microzonazione sismica si intende l'individuazione, nell'area investigata, di varie zone aventi caratteristiche di omogeneità, mediante caratterizzazioni quantitative e semi - quantitative delle risposte dinamiche locali.

In base alla vecchia legislazione vigente il territorio comunale di Sant'Andrea di Conza era ascritto alla II categoria di rischio sismico, con "grado sismico"  $S = 9$  a cui corrisponde un coefficiente di intensità sismica  $C = (S - 2) / 100$  che rappresenta l'accelerazione tangenziale che può prodursi durante un evento sismico sulle strutture edilizie, la nuova classificazione (Giunta Regionale n. 5447 del 7 novembre 2002), riporta tale comune in categoria 1 (risulta aumentata la classe sismica).

Detta valutazione del rischio sismico, frutto del Progetto Finalizzato Geodinamica del C.N.R., pur avendo prodotto una discreta macrozonazione sismica del territorio nazionale, in tempi brevi, presenta oggettivamente un grosso limite, cioè quello di caratterizzare omogeneamente un intero territorio comunale con un unico valore di intensità sismica, quando è indiscutibile, anche alla luce delle condizioni fatte nei precedenti paragrafi, che gli effetti di un sisma in superficie, interagendo con le strutture, variano da zona a zona in funzione delle caratteristiche idro - geomorfologiche, topografiche e di rigidità dei luoghi.

Il quadro normativo, tuttavia, in tema di Pianificazione Urbanistica e

Costruzioni ha subito, negli ultimi anni, un travagliato processo evolutivo nell'adeguamento alla norma europea di riferimento (Eurocodice 8). Tale adeguamento è partito con l'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 n° 3274, successivamente modificata dal Testo Unico sulle Costruzioni 14/09/2005, poi integralmente sostituito dall'ultimo D.M. Infrastrutture emanato il 14/01/2008. Tutte le normative citate fanno riferimento, ai fini della valutazione dell'azione sismica di progetto, alla definizione del quadro morfologico e stratigrafico che contribuisce alla ricostruzione della "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa è definita in termini di accelerazione sismica massima attesa ( $a_g$ ), in campo libero su profilo stratigrafico di riferimento rigido (A), pianeggiante.

L'ultimo riferimento normativo varato, nella valutazione della pericolosità sismica, fa richiamo, alla Vita nominale ( $V_n$ ) ed alla Classe d'uso ( $C_u$ ) dell'opera in progetto, che insieme contribuiscono alla definizione della Vita Reale del manufatto ( $V_r$ ), riferimento fondamentale per la definizione del Periodo di ritorno dell'azione sismica (Cap.2.4); essa, infatti, sarà d'intensità maggiore quanto più lunga sarà la vita reale del manufatto ( $V_r$ ). Al punto 3.2, che esamina l'azione sismica, definisce le forme spettrali in funzione di ciascuna probabilità di superamento del Periodo di riferimento ( $P_{Vr}$ ) a partire dai seguenti parametri riferiti a sito rigido orizzontale:

- **$a_g$**  accelerazione orizzontale massima al sito;
- **$F_o$**  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **$T$**  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma cui ci si riferisce (Allegato B), sono tabellati i valori

dei parametri citati per tutti i siti considerati (10751) elencati per coordinate geografiche sul reticolo di riferimento e per 9 periodi di ritorno crescenti ( 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni ), i cui vertici dell'area in oggetto sono riportati nell'allegato parametri sismici.

Le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione riportate al punto 3.2.2 nell'ultimo decreto di riferimento, sono rimaste pressoché invariate e sono definite, preferibilmente, in virtù del parametro Vs30, ovvero della velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità rispetto al piano di fondazione delle onde di taglio, calcolata con la seguente espressione :

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori. Alternativamente le stesse categorie di suolo possono essere definite in funzione della resistenza penetrometrica dinamica equivalente NSPT30 :

$$N_{SPT30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / N_{SPTi}}$$

o della resistenza non drenata equivalente  $C_{u30}$ :

$$C_{u30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / C_{ui}}$$

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test)  $NSPT_{30}$  (definito successivamente) nei terreni prevalentemente a grana grossa o della resistenza non drenata equivalente  $Cu_{30}$  (definita successivamente) nei terreni prevalentemente a grana fina.

Pertanto, il sito in esame è stato parametrizzato, partendo dalla ricostruzione litostratigrafia effettuata a mezzo della campagna di indagini geognostiche a carotaggio continuo eseguita S1, in base ai risultati delle misurazioni sismografiche di onde di taglio ( $V_s$ ) eseguite con metodologia MASW e HVSR in più punti dello giacimento.

Rimandando, per i dettagli, all'allegato relativo all'indagine sismica eseguita, per l'area indagata è risultata una schematizzazione geosismica, costituita dalla presenza, in superficie di uno strato, superficiale, dovuto ai terreni di copertura e uno sottostante corrispondente proprio al giacimento in questione (con  $V_s$  mediamente superiori ai 300-400 m/sec) con velocità delle onde sismiche di taglio crescenti che poi passano gradatamente ad un substrato profondo con velocità delle onde S maggiori che raggiungono anche i 1000 m/sec..

Sulla base di tali valori, è possibile calcolare il parametro  $V_{s30}$  la cui espressione di calcolo è quella sopra descritta ed il cui valore consentirà di classificare il sottosuolo sismicamente significativo dell'area in studio nell'ambito della scala di cui al punto 3.1 del D.M..

La classificazione ottenuta condurrà, quindi, alla individuazione del fattore di amplificazione S, che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo e delle condizioni topografiche (ricavate dalla carta delle pendenze elaborata che ha portato ad una classificazione T1), secondo quanto disposto alle tabelle 3.2.IV, 3.2.V e 3.2.VI che appresso si descrivono. La categoria Topografica distingue, quindi, 4 condizioni topografiche, come appresso esplicitato:

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	<b>Pendii con inclinazione media <math>i &gt; 15^\circ</math></b>
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

A tali categorie topografiche corrispondono altrettanti Fattori di amplificazione ST che si rifanno ad altrettante condizioni morfologiche.

Il parametro ST viene definito in base alla seguente tabella che, oltre alla categoria topografica, considera anche l'ubicazione dell'opera:

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	ST
T1	-	1,0
<b>T2</b>	<b>In corrispondenza della sommità del pendio</b>	<b>1,2</b>
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Il fattore di amplificazione S che viene utilizzato nel calcolo dello spettro di risposta elastico, come indicato al punto 3.2.3. del D.M., combina anche una componente dipendente dalla classe di suolo presente nel sito in esame (S<sub>s</sub>).

La stessa Classe di suolo condiziona anche il calcolo del Periodo T<sub>C</sub> corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante nello spettro di risposta sismica, che in uno con il fattore S<sub>S</sub> viene così computato:

**Tabella 3.2.V – Espressioni di S<sub>S</sub> e di C<sub>C</sub>**

Categoria sottosuolo	S <sub>S</sub>	C <sub>C</sub>
<b>A</b>	1,00	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g / g \leq 1,20$	$1,10 * (T_C)^{-0,20}$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g / g \leq 1,50$	$1,05 * (T_C)^{-0,33}$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g / g \leq 1,80$	$1,25 * (T_C)^{-0,50}$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g / g \leq 1,60$	$1,15 * (T_C)^{-0,40}$

Per i valori ricavati dalla prospezione MASW e HVSR eseguita sul sito si ottiene un valore del Vs30 in superficie (Vs30 dal p.c.) che nel rispetto di tutte le approssimazioni può essere cautelativamente considerato compreso nella classe tra 360 m/sec e 800 m/sec.

Il valore del parametro Vs30 così ottenuto ricade nella Classe di profilo stratigrafico di suolo di tipo "B", così come definito nel paragrafo 3.1 del D.M. 14/01/08 citato *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero*

*NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).*

In funzione delle tipologie di opere da realizzare (Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_n$  per diversi tipi di opere), e della classe d'uso dell'opera di "frequentazione pubblica", il periodo di riferimento e lo stato limite a cui riferirsi per la definizione dell'azione sismica di progetto sarà quindi:

$$V_R = V_N * C_u$$

I vari parametri sismici caratteristici per il sito oggetto di variante in funzione anche delle finalità dell'intervento, per i diversi periodi di ritorno, definiscono una Risposta Sismica Locale  $S$ , calcolata secondo la formula riportata nella tabella 3.2.V del D.M. 14/01/08 funzione della categoria del sottosuolo  $S_s$  e della categoria topografica  $ST$ , riportati sia negli allegati dei parametri sismici che della Carta della zonazione in prospettiva sismica, redatta in conformità alla L.R. 9/83 e al DM 14/01/2008.

## 5.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nella presente relazione sono stati analizzati e presentati gli aspetti relativi alla stabilità e alla sismicità dei terreni che saranno oggetto delle varie fasi di coltivazione ed estrazione. Lo studio ha consentito l'inquadramento globale dell'intera area interessata, al fine di individuare le parti del territorio geologicamente e geotecnicamente omogenee, alle quali riferire la caratterizzazione dei terreni.

Secondo i dati emersi dal presente studio, tuttavia, si evince che gli interventi a farsi non daranno luogo a disequilibri nell'assetto statico dei terreni, che alla fine del periodo di coltivazione risulteranno ampiamente in sicurezza come di mostrato dalle verifiche eseguite.

Relativamente agli aspetti sismici e di microzonazione, per le possibili classi di suolo individuate in sito, e in funzione delle caratteristiche morfologiche del sito analizzato legato al contributo morfologico dell'amplificazione sismica, il valore relativo all'amplificazione sismica locale, varia, come noto, in funzione della tipologia dell'opera, della classe di utilizzo e quindi dello stato limite di progetto (funzione del tempo di ritorno).

Sulla base delle tipologie di lavorazioni previste, scavo e risagomatura del giacimento, e sulla scorta delle classi d'uso ipotizzabili, l'Amplificazione Sismica Locale, su sottosuolo di categoria B e categoria topografica T2, tende a variare in funzione dello stato limite considerato.

Pertanto, valutati i parametri spettrali  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  per il sito di progetto (approccio "sito-dipendente"), corretti per il calcolo del periodo di ritorno necessario, incrementati per l'amplificazione stratigrafica e topografica e sulla base della classe d'uso, è stato possibile definire gli spettri orizzontali e verticali, necessari per la stima dell'azione sismica di progetto delle singole opere a farsi, che nel caso in esame sono state utili per eseguire le verifiche di stabilità.

Le indagini specifiche eseguite integrate con le indagini sismiche ha permesso di redigere la carta in prospettiva sismica classificando i suoli secondo la nuova normativa tecnica.

Nello specifico, le risultanze dei parametri sismici integrati con i rilievi geomorfologici e di stabilità del territorio, hanno permesso di definire le prescrizioni e le raccomandazioni per la zona classificata, anche in accordo con quanto indicato dalla Regione Campania – A.G.C. LL.PP. – Settore Geologico Regionale, nelle Linee Guida finalizzate alla mitigazione del Rischio sismico - Indagini ed Analisi Geologiche, Geofisiche e Geotecniche – Zonazione Sismica.

Pertanto, la carta in prospettiva sismica che riporta la microzonazione dell'area interessata, in funzione delle attività e/o infrastrutture previste ha consentito di giungere all'obiettivo finale di definire la suscettibilità :

- alla amplificazione del segnale sismico
- alla liquefazione
- alla instabilità dei pendii naturali

L'approccio utilizzato, integrazione dei dati geolitologici, geomorfologici e dei dati sismici di campagna, ha quindi permesso la redazione di una carta in scala 1:2.000/5.000 che rispetta anche quanto previsto dalla normativa regionale 9/83 che riporta la "categoria di suolo media della Microzona" e quindi il relativo fattore di incremento da applicare, nelle varie Microzone o Sottozone individuate.

E' da sottolineare che, nello spirito della normativa, tale suddivisione del territorio rappresenta una sottozonazione sismica a carattere ancora generale, a livello cioè di pianificazione del territorio e non può, né vuole, rappresentare una specifica e corretta identificazione della categoria di terreno presente nell'immediato sottosuolo di uno specifico sito. I valori di "Vs30" determinati nei punti di rilevamento sono stati infatti estrapolati su tutta l'area sulla base anche della litologia affiorante e, come è ben comprensibile, possono solo

essere rappresentativi di situazioni non particolari, ma generali, come è appunto negli obiettivi di una Microzonazione in prospettiva sismica di un territorio Comunale o di una porzione di esso.

Pertanto, ai fini delle opere previste a farsi, gli interventi di coltivazione con sistemazione finale (stato di progetto), sono da considerarsi compatibili con il rischio sismico presente e rilevato nell'area.

In definitiva, i terreni potenzialmente interessati dalle opere di coltivazione, non essendo riconducibili a situazioni tipo di "grave pericolosità sismica" non sono pertanto da escludere quale sito oggetto di intervento estrattivo, resta chiaro che, sarà necessario e indispensabile uno studio di Risposta sismica locale con procedure di indagine e di analisi di maggiore dettaglio così come d'altro canto prevede la normativa sismica oggi in vigore, per qualunque opera o manufatto accessorio a farsi.

In definitiva, quindi si è individuato un areale con le seguenti caratteristiche, geologiche, geomorfologiche, geotecniche e sismiche (vedi carta in prospettiva sismica):

Area con velocità delle onde  $360 \text{ m/sec} < S(30) < 800 \text{ m/sec}$  (di tipo B) e caratteristiche topografiche T2 lungo le scarpate nello stato di progetto.

Inoltre, al fine di ottemperare a quanto previsto dalla nuova normativa si è provveduto, in questa fase di microzonazione, a indicare le amplificazioni di sito delle aree in funzione del tipo di suolo e della categoria topografica, indicando come suolo di partenza ad incremento uno quello di tipo "A" relativo al comune di Sant'Andre di Conza e considerando le possibili tipologie di opere e la relativa classe di utilizzo.

La dipendenza dello spettro di risposta elastico dalle caratteristiche geosismiche o comunque dinamiche dei terreni di fondazione, sembrerebbe aver superato i problemi di genericità e di scarsa attenzione alle problematiche geolitologiche, geosismiche e geotecniche, che pur tantissima e preponderante

influenza hanno sulla Risposta di Sito, riscontrati nelle leggi antisismiche precedenti.

E' da sottolineare, infatti, che già la precedente normativa in materia della Regione Campania (L.R. 9/83 art.14 e seg.) prevedeva, per le indagini a scopo antisismico in un sito ove era ubicata o doveva esser ubicata una costruzione, la valutazione sperimentale delle caratteristiche sismiche dei terreni fino ad una profondità di 20-40 metri. Ciò evidentemente allo scopo di procedere, utilizzando tale dato, alla modulazione della funzione di risposta  $R(T)$  che la legge definiva specificamente in Ampiezza,  $R$ , ed in Periodo,  $T$ , per il basamento rigido, e di individuare così i periodi per i quali si sarebbero potute avere particolari amplificazioni del segnale sismico in superficie in presenza di terreni di copertura non rigidi.

La Microzonazione sismica deve tener conto di quanto espressamente citato nella su indicata legge regionale 9/83 relativamente alla programmazione dell'uso del territorio ed ai Piani Regolatori Generali e nella più recente normativa della Regione Campania (Delibera n. 5447 G. R. Campania del 07/11/2002; Delibera n. 248 G. R. Campania del 24/01/2003; Delibera n. 334 G. R. Campania del 31/01/2003; Delibera n°816 G. R. Campania del 10-6-2004) riguardante la zonazione del territorio in prospettiva sismica, ma essere anche congrua ed omogenea con quanto previsto dalla Ordinanza 3274 e dalle Nuove Norme Tecniche relativamente alle costruzioni ed ai relativi siti.

I valori di incremento assegnati alla singola "Microzona" individuata possono quindi essere anche essi resi congrui con quanto disposto della normativa vigente, considerando soltanto i fattori di incremento del livello massimo raggiunto dallo spettro elastico relativo alle varie Categorie di suolo rispetto a quello riferito alla Categoria di suolo A. Ovviamente non si vuole qui definire la specifica forma spettrale che caratterizza il sito, non essendo necessario eseguire una valutazione della Risposta Sismica di Sito, ma solo

dare una valutazione generale del livello massimo dell'amplificazione dell'evento sismico che si avrà nella microzona individuata rispetto a quello che si avrà nelle altre sottozone ove affiori il basamento o in ogni caso affiori un mezzo rigido.

26.26

Avellino, marzo 2013

