COMUNE DI MILLESIMO
PROVINCIA DI SAVONA
REGIONE LIGURIA

RIATTIVAZIONE, MESSA IN SICUREZZA E AMBIENTALIZZAZIONE DELL'EX CAVA SAN ROCCO, MILLESIMO (SV)

RELAZIONE GEOLOGICO – TECNICA E DI STABILITA' RELATIVA ALLA PISTA DI ARROCCAMENTO INTERNA ALL'AREA DELL'EX CAVA

IL COMMITTENTE: Roccamar Srl

IL TECNICO: Dott. Geol. Gino Piaggi



FEBBRAIO 2014

STUDIO GEOLOGICO PIAGGI
Via Genova n. 442 -19123 La Spezia
Tel-Fax: 0187 –716658
www.sgeop.com
E-mail: geol.ginopiaggi@gmail.com

PREMESSA

La presente relazione si riferisce alla pista di arroccamento provvisoria che sarà realizzata nell'ambito dell'area TRZ della ex cava di San Rocco, al fine di poter raggiungere le quote superiori del versante e procedere alla sua profilatura secondo il progetto.

Detta pista sarà realizzata sulla parte sinistra guardando il fronte della ex cava a partire da quota 464 m ca sino a raggiungere la quota di 510 m ca.

La parte iniziale della pista sarà realizzata tramite rilevato, sino a raggiungere la parete rocciosa a quota di circa 500 m, successivamente sarà scavata direttamente in roccia sino alla zona di scavo prevista nella prima fase di lavoro.

Le verifiche di stabilità e le modalità di esecuzione sono riferite alla parte iniziale, quella su rilevato, mentre per il tracciato in roccia non si pongono problemi e le condizioni di stabilità sono già state esaminate e verificate con le analisi fatte sui gradoni di scavo.

Pur considerando che trattasi di opera provvisoria, le elaborazioni che seguono sono conformi alla normativa vigente.

Con il procedere della profilatura e rimodellamento del versante, la pista sarà progressivamente eliminata, cos' come riportato nelle tavole progettuali.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'analisi in questione ha come obiettivo la verifica della stabilità e compatibilità dell'opera in rapporto alle condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, secondo quanto previsto dalle vigenti disposizioni di Legge:

- Decreto ministeriale 14/01/2008, Testo Unitario – Norme tecniche per le Costruzioni;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circ. 2 febbraio 2009;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007;
- Eurocodice 8 (1998), Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture; Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (2003);
- Eurocodice 7,1 (1997), Progettazione geotecnica – Parte I: Regole generali – UNI;
- Eurocodice 7,2 (2002), Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) – UNI;
- Eurocodice 7,3 (2002), Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove in sito (2002) – UNI;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. n. 3519/2006 (Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche per l'aggiornamento e degli elenchi delle medesime zone);
- D.G.R. n. 530 del 16/05/2003 ("Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dei comuni della Regione Liguria");
- D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008 ("Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria");
- DGR 141 del 05/02/2010 Linee guida per la progettazione, gestione e risanamento ambientale delle attività estrattive a cielo aperto e in sotterraneo e opere connesse, di cui alla DGR N°141/2008;
- Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 117, Attuazione della direttiva 2006/21/CE relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie e che modifica la direttiva 2004/35/CE;
- Legge Regionale N. 12 del 05/04/2012 Testo unico sulla disciplina dell'attività estrattiva;

ELEMENTI DI GEOLOGIA

La ex cava – TRZ - è ubicata nel comune di Millesimo in Località San Rocco, a circa 900 m Nord dell'abitato di Acquafredda, in sponda sinistra del Fiume Bormida di Millesimo, in fregio alla strada provinciale per Osiglia, alla quota di 450 m s.l.m.

L'area, trattandosi di una vecchia cava oggi abbandonata, si presenta come un ampio anfiteatro che si apre nel fianco della montagna, avente un unico fronte di altezza 50 m e lunghezza 150 m circa, il cui piazzale è posto a livello della strada provinciale.

In particolare, il fronte scavato da riprofilare si pone quasi alla base di un rilievo orientato NE – SW che dall'ansa del torrente Bormida di Millesimo si erge sino al Bric Sant'Antonio alla quota di circa 700 m.

Nell'ambito della zona TRZ il fronte della vecchia escavazione giunge quasi alla sommità del versante di Bric San Bernardino (594m), a poche decine di metri dal crinale spartiacque.

Sul versante interessato dalla cava, l'idrografia è assente e le acque scorrono a valle senza creare particolari fenomeni di ristagno ed erosione e vengono raccolte in parte dalla canalizzazione stradale ed in parte confluiscono direttamente nel Fiume Bormida di Millesimo.

Dal punto di vista geologico nell'ambito della cava sono presenti:

- Formazione di Murialdo: quarzoscisti, scisti quarzo-micacei, scisti a cloritoide e filladi nerastre. Lo spessore della formazione si aggira mediamente sui 150 m. Si rinviene sulla parte sinistra del fronte di cava, e il contatto con le Dolomie è di tipo tettonico, per faglia.
- Dolomie di Monte Rossotta: Dolomie grigio chiare e scure a patina bianca in banchi da decimetrici a sub-metrici con intercalazioni di calcari, calcari dolomitici, di brecce intraformazionale, calcari marmorei e brecce dolomitiche vacuolari. Lo spessore della formazione si aggira sui 250 metri. Guardando il fronte di cava, questa formazione affiora sulla parte centrale, con stratificazione molto variabile, da verticale a orizzontale. Questo materiale sarà oggetto di totale asportazione con eliminazione del setto ancora esistente nella parte centrale del fronte della ex cava.
- Quarziti di Ponte Nava: Quarziti biancastre e verdine, fengitiche, raramente scistose, a grana medio-grossa, in strati e banchi, presenza di concentrazioni ematitiche e sottili intercalazioni di peliti verdi e violacee, più frequenti verso la sommità. Lo spessore del litotipo è stato valutato in 50 metri. La stratigrafia delle quarziti s.s. è abbastanza omogenea e il litotipo più frequente è costituito da bancate di potenza decimetrica di arenarie quarzose a granulometria da media a fine, generalmente ben cementate. E' su questo litotipo che viene effettuata la profilatura definitiva della ex cava.

La pista di arroccamento provvisoria viene impostata prevalentemente sia sugli Scisti – quarzoscisti (parte iniziale) che sulle Quarziti, mentre le Dolomie sono solo lambite dal tracciato.

Riguardo al detrito, sono da rilevare conoidi di materiale eterogranulare a spigoli vivi, di elevato angolo d'attrito, addossati al versante, in particolare sulla parte occidentale della ex cava, e proveniente dal fronte superiore.

VITA NOMINALE, CLASSE D'USO PERIODO DI RIFERIMENTO

Vita Nominale
La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata (par. 2.4.2 NTC).
La vita nominale dell'opera in progetto è 50 anni.

Classe d'uso
In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le opere sono suddivise in classi d'uso; la classe d'uso dell'opera in progetto può essere prudenzialmnente associata a:

- *Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Il coefficiente C_U in questo caso risulta pari a 1 come dalla tabella 2.4.II delle NTC.
Fermo restando che la decisione delle classi d'uso è del progettista che ne determina quindi il ruolo, a favore di sicurezza si è considerato la pista di arroccamento provvisoria come "opera" e classificata come Classe II.

Periodo di riferimento per l'azione sismica
Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (par. 2.4.3 NTC):
$V_R = V_N \times C_U =$
$V_R = 50$ anni

Tabella riepilogativa

Vita nominale V_N	50 anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso C_u	1
Periodo di riferimento dell'azione sismica V_R	50

PARAMETRI SISMICI

SITO IN ESAME.

LATITUDINE: 44,347256
LONGITUDINE: 8,207246
CLASSE: 2
VITA NOMINALE: 50

SITI DI RIFERIMENTO

SITO 1 ID: 16907	LAT: 44,3658	LON: 8,1744	DISTANZA: 3327,187
SITO 2 ID: 16908	LAT: 44,3690	LON: 8,2442	DISTANZA: 3800,705
SITO 3 ID: 17130	LAT: 44,3190	LON: 8,2485	DISTANZA: 4539,767
SITO 4 ID: 17129	LAT: 44,3159	LON: 8,1788	DISTANZA: 4153,978

PARAMETRI SISMICI

CATEGORIA SOTTOSUOLO: B
CATEGORIA TOPOGRAFICA: T2

PERIODO DI RIFERIMENTO: 50ANNI
COEFFICIENTE CU: 1

OPERATIVITÀ (SLO):
PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO: 81 %
TR: 30 [ANNI]
AG: 0,019 G
FO: 2,608
TC*: 0,157 [S]

DANNO (SLD):
PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO: 63 %
TR: 50 [ANNI]
AG: 0,026 G
FO: 2,549
TC*: 0,195 [S]

SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV):
PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO: 10 %
TR: 475 [ANNI]
AG: 0,060 G
FO: 2,612
TC*: 0,304 [S]

PREVENZIONE DAL COLLASSO (SLC):
PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO: 5 %
TR: 975 [ANNI]
AG: 0,076 G
FO: 2,645
TC*: 0,325 [S]

COEFFICIENTI SISMICI

SLO:
SS: 1,200
CC: 1,590
ST: 1,200
KH: 0,006
KV: 0,003
AMAX: 0,275
BETA: 0,200

SLD:
SS: 1,200
CC: 1,530
ST: 1,200
KH: 0,007
KV: 0,004
AMAX: 0,365
BETA: 0,200

SLV:
SS: 1,200
CC: 1,400
ST: 1,200
KH: 0,017
KV: 0,009
AMAX: 0,841
BETA: 0,200

SLC:
SS: 1,200

CC:	1,380
ST:	1,200
KH:	0,022
KV:	0,011
AMAX:	1,077
BETA:	0,200



Nodi del reticolo sismico di riferimento della zona in esame

Valutazione dell'azione sismica nei pendii (Slope Geostru 2010)
Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza. Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:
Fh=Kh *W
Fv=Kv *W

Essendo:
FH e FV rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
Ko: Coefficiente sismico orizzontale
Kv: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti Ko e Kv indipendenza di vari fattori:
Ko= βs×(amax/g)
Kv=±0,5×Ko
Con
βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
amax accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.
amax= SS ST ag
SS(effetto di amplificazione stratigrafica): 0.90 ≤Ss≤ 1.80; è funzione di F0(Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D,E).

ST(effetto di amplificazione topografica).
Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:
T1*(ST= 1.0)* ***T2****(ST= 1.20)* ***T3****(ST=1.20)* ***T4****(ST= 1.40).*

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è così valutato:TR=-VR/ln(1-PVR)

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Con l'**OPCM 3274** e successive modifiche, i coefficienti sismici orizzontale Ko e verticale Kv che interessano tutte le masse vengono calcolati come:
Ko= S · (ag/g) Kv= 0.5· Ko
S: fattore dipendente dal tipo di suolo secondo lo schema:
tipo A - S=1;
tipo B - S=1.25;
tipo C - S=1.25;
tipo E - S=1.25;
tipo D – S=1.35.

Per pendii con inclinazione superiore a 15° e dislivello superiore a 30 m, l'azione sismica deve essere incrementata moltiplicandola per il coefficiente di amplificazione topografica ST:
ST≥ 1,2 per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati; ST≥ 1,4 per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in testa molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media > 30°; ST≥ 1,2 per siti dello stesso tipo, ma pendenza media inferiore.

PARAMETRI DI PROGETTO DEL MATERIALE DEL RILEVATO

Per poter avere un sufficiente grado di affidabilità dei dati geotecnici da utilizzare nelle verifiche si sono studiati differenti materiali di riempimento, sui quali sono state fatte le usuali analisi e sono stati valutati, anche con l'ausilio di specifiche tabelle e grafici, i parametri geotecnici utili agli obiettivi prefissati.

Per il rilevato della pista di arroccamento si prevede di utilizzare materiale roccioso, non alterato (quarziti, calcari e dolomie) proveniente dalla cava stessa e da altre cave presenti in zona.

Si tratta di ciottoli, ghiaie, blocchi e massi con materiale di detrizione più minuto (ghiaietto) , con granulometria compresa tra i 2 e 60 cm, spigoloso e di forma disomogena.

Con queste caratteristiche il materiale presenta elevati parametri di resistenza in termini di angolo di attrito che determina un angolo di naturale riposo anche di 50°, come rilevato in più occasioni su materiale analogo.

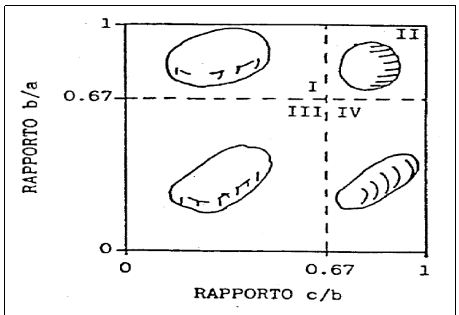
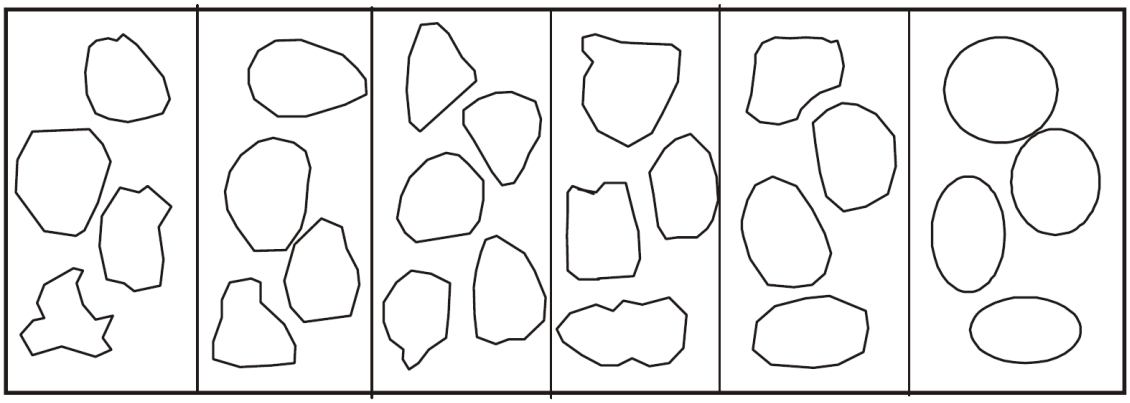
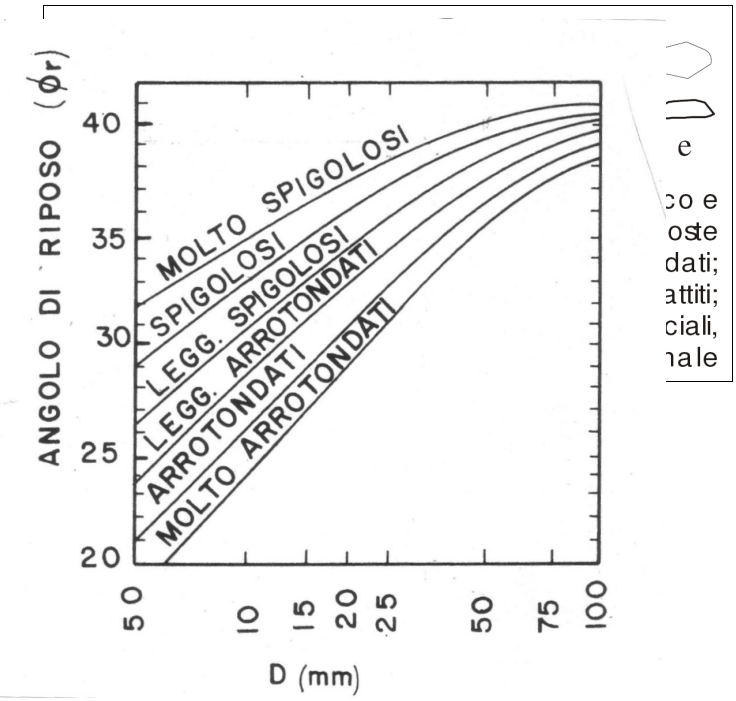


Fig. 1/3 - Classificazione della ghiaia e dei ciottoli in funzione della forma (Gnaccolini, 1978): a, b, c d sono le dimensioni caratteristiche dei grani.
I = discoidali II = sferoidali
III = lamellari IV = allungati



molto angolari | angolari | subangolari | subarrotondati | arrotondati | molto arrotondati



Questa tabella mette in relazione le grandezze dei granuli e l'angolo di attrito secondo Cooke e Doornkamp (valori minimi di Dr).

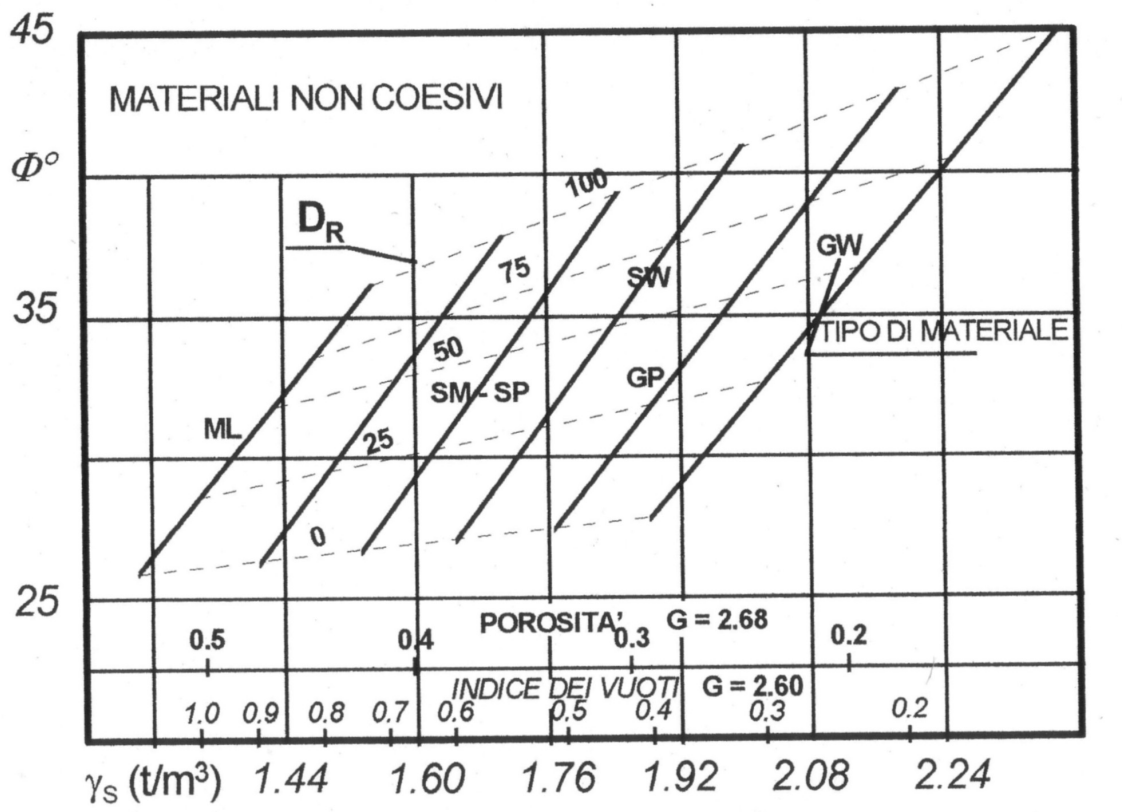


Diagramma NAVFAC D.M. 1971: relazione tra ps e φ in base alla tipologia del materiale

Sulla base dei dati dei campioni studiati, da dati sperimentali e dalla densità del materiale (NAVAF D.M. 1971) e tenuto conto delle caratteristiche granulometriche, è possibile ipotizzare, considerando idonea compattazione del materiale, i seguenti parametri geotecnici medi:

- angolo di attrito interno φ = 40°
- coesione Cu = 0,0 Kg/cmq
- peso di volume ps = 1,8 gr/cmc
- densità relativa Dr = 40 - 50%.

Si tratta di parametri cautelativi poiché la presenza di granuli spigolosi degli elementi litoidi e la pezzature anche di un certo rilievo fa si che il comportamento meccanico del riporto può considerarsi intermedio tra quello degli ammassi rocciosi giuntati e quello dei materiali granulari classici.

Trattandosi di materiale derivante comunque da scavi di terre e rocce, il valore dell'angolo d'attrito interno considerato concorda con i valori desumibili dal grafico di Cooke e Doornkamp in relazione al grado di addensamento, al diametro dei granuli e alle loro caratteristiche di spigolosità o arrotondamento.

Per ultimo occorre sottolineare che i materiali sopra descritti saranno posti a dimora in strati di limitato spessore (30 – 40 cm) in modo da creare un riempimento omogeneo, ben compattato.

Per quanto riguarda il substrato roccioso sono stati considerati i seguenti parametri geotecnici medi:

- angolo di attrito interno φ = 37°
- coesione Cu = 3,26 Kg/cmq
- peso di volume ps = 2,65 gr/cmc

Circa i valori di Vk, in base alle istruzioni del CSLP si sono assunti quali valori caratteristici del deposito i valori medi: Vm=Vk.

Infatti, come riportato nel C6.2.2 del CSLP "appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azione dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti".

I valori di progetto di c, cu e φ da adottare nel calcolo si ottengono per combinazioni contenenti M2, dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'eurocodice 7 e nel D.M. 14/01/2008 NTC.

I valori di progetto si ottengono tramite le seguenti formule:

- tgφd=tgφk/1,25
- cd=ck/1,25
- cud=cuk/1,4
- qud=quk/1,6 (resistenza a compressione uniassiale)

I valori ottenuti sono utilizzati per i calcoli nelle verifiche di stabilità di seguito eseguite.

Tabella 6.2.II – *Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	**(M1)**	**(M2)**
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

MORFOLOGIA E CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEL RILEVATO

Come accennato la pista di arroccamento provvisoria sarà realizzata sulla parte sinistra guardando il fronte dell'ex cava**,** a partire da quota 464 m, creando un rilevato che adagiandosi in parte sulla parete rocciosa giunge sino a quota 500 m circa.

Il rilevato sarà realizzato con materiale arido di cava, a pezzatura grossolana, plurigranulare, spigoloso, posto in strati di 30 – 40 cm adeguatamente compattati in modo da fornire le caratteristiche di resistenza previste nelle verifiche.

Prima di iniziare la stesa del materiale sarà necessario asportare il detrito superficiale presente nella parte iniziale della pista in modo da basare il rilevato su terreno roccioso.

La pendenza della scarpata del rilevato è dell'ordine di 35°, in grado di garantire la più completa stabilità dell'opera.

Verso monte, nella linea di contatto riporto – roccia sarà realizzata una canalizzazione per lo smaltimento delle acque piovane verso il fosso posto ad ovest; sulla pista le regimazione

sarà attuata con avvallamenti, deviatori e cunette.

La pista sarà dotata di banchine laterali in terra, sia per sicurezza sia per evitare che l'acqua raccolta dalla sede viaria possa erodere le scarpate.

Alla base della scarpata sarà posta una bastionatura di pietrame e massi avente la sola funzione di delimitazione del rilevato

VERIFICHE DI STABILITA'

Le verifiche che seguono sono state eseguite in conformità di quanto prescritto al punto 6.8 "Opere di materiali sciolti e fronti di scavo" delle NTC.

Nei criteri generali di progetto delle NCT (6.8.1) si specifica che "Il progetto di un manufatto di materiali sciolti deve tener conto dei requisiti prestazionali richiesti e delle caratteristiche dei terreni di fondazione". Nel caso specifico il rilevato ha una funzione di pista di arroccamento provvisoria utilizzata solo dai mezzi meccanici per giungere alle quote superiori del fronte e procedere agli scavi di progetto.

Secondo quanto riportato al punto 6.8.2 delle NTC, le verifiche di sicurezza sono state eseguite secondo l'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle.

Di seguito viene effettuata la verifica di sicurezza della scarpata del riempimento con il metodo dell'equilibrio limite utilizzando la metodologia proposta da "Jambu" secondo il quale la stabilità alla traslazione viene valutata in base alla proiezione di tutte le forze in gioco sull'asse orizzontale, per una superficie di scorrimento qualsiasi.

Il coefficiente di sicurezza è dato in prima approssimazione dalla:

$Fo = \Sigma i\ (\Delta Pi\ .\ tg\varphi i\ + ci\ .\ \Delta x\ i) / \Sigma i\ (\Delta Pi\ .\ tg\alpha\ i) + Q =$ dove:

- ΔPi = peso totale di un concio generico, dato, per una striscia di larghezza unitaria, dell'area del concio per il peso specifico apparente
- φi = angolo di attrito interno del materiale relativo al concio generico
- ci = coesione apparente relativa al concio generico
- Δxi = larghezza del concio generico
- αi = angolo tra un tratto generico della superficie di scorrimento e l'orizzontale
- Q = forza esterna mobilizzante (segno +) ovvero resistente (segno -).

Ottenuto il valore F si calcolano successivamente i coefficienti di sicurezza con ulteriori approssimazioni secondo un sistema iterativo finché Fi+1= Fi.

Passando alla fase operativa, le verifiche sono state effettuate sulle sezioni **c-c e d-d** di progetto della pista, dove sono esaminate diverse curve e le più critiche sono riportate nel profilo di stabilità.

Come caratteristiche di resistenza dei materiali si sono considerati i valori di progetto, la coesione del riporto è stata considerata nulla e per sicurezza è stata ipotizzata la presenza di una falda acquifera temporanea inclinata verso valle, oltre che l'amplificazione sismica. Per tener conto del transito dei mezzi operativi è stato considerato un carico dinamico di W = 0,30 Kg/cmq

Le verifiche di cui sopra sono eseguite con programma Slope 2010 della Geostru - Software ed i risultati sono visibili nei grafici e tabelle allegate.

Dalle elaborazioni delle linee di scivolamento testate, visibili in allegato, si ottengono

coefficienti di sicurezza minimi sempre maggiori di 1 (Fs min= 1,47 sez. C-C e Fsmin=1,35 sez. d-d) e quindi la stabilità globale della scarpata è verificata, così come previsto dalla normativa.

I coefficienti di sicurezza assunti sono del tutto coerenti con la situazione della zona, con la tipologia d'intervento prevista anche in rapporto al livello di conoscenza e al grado di affidabilità dei dati disponibili.

Il tecnico
Dott. Geologo Gino Piaggi



ALLEGATI

- **Verifica di stabilità sezione c-c;**
- **Verifica di stabilità sezione d-d;**

Sezione C/C

Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

==========

Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1.3

Superficie di forma generica

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	44.35
Longitudine:	8.21
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.2	2.61	0.16
S.L.D.	50.0	0.25	2.55	0.2
S.L.V.	475.0	0.6	2.61	0.3
S.L.C.	975.0	0.76	2.65	0.33

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.288	0.18	0.0053	0.0026
S.L.D.	0.36	0.18	0.0066	0.0033
S.L.V.	0.864	0.18	0.0159	0.0079
S.L.C.	1.0944	0.18	0.0201	0.01

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0159
Coefficiente azione sismica verticale	0.0079

Vertici profilo

N	X m	y m
1	-40.5	10.64
2	-34.96	10.58
3	-24.12	18.48

4	-21.51	18.42
5	-10.61	25.75
6	-6.66	25.75
7	6.09	16.83
8	7.43	15.87
9	8.06	16.57
10	11.19	32.63
11	14.18	34.48
12	15.58	36.65

Falda

Nr.	X m	y m
1	-40.5	10.0
2	-34.64	10.84
3	-26.99	11.92
4	-6.85	14.72
5	6.15	16.25
6	15.58	17.37

Vertici strato 1

N	X m	y m
1	-40.5	10.51
2	-34.77	10.58
3	-29.41	10.71
4	4.24	10.77
5	8.0	16.25
6	11.31	32.7
7	14.05	34.61
8	15.58	36.48

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	-32.2	12.7
2	-16.35	16.32
3	-9.21	19.12
4	-2.61	23.02

Vertici superficie Nr...2

N	X m	y m
1	-27.36	16.24
2	-23.1	16.64
3	-15.01	19.12
4	-10.04	22.31
5	-7.79	25.82

Vertici superficie Nr...3

N	X m	y m
1	-34.54	11.0
2	-34.13	10.84
3	-21.19	11.73

4	-9.4	15.17
5	-2.71	18.99
6	-0.45	21.52

Vertici superficie Nr...4

N	X m	y m
1	-37.39	10.7
2	-22.34	14.4
3	-17.18	16.95
4	-9.91	20.65
5	-7.93	23.07
6	-6.08	25.46

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (t/m³)	Gs (t/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0	40	2	2.2	0.00		
2	3.26	37	2.65	2.65	0.00		

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm²)
1	-10.23	25.81	-7.23	25.81	0.3

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=2.06

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.93	12.8	3.0	4301.07	68.39	33.98	0.0	33.9	0.0	4051.2	1621.2
2	2.93	12.8	3.0	12903.21	205.16	101.94	0.0	33.9	0.0	12153.5	4863.7
3	2.93	12.8	3.0	21505.36	341.94	169.89	0.0	33.9	0.0	20255.9	8106.2
4	2.93	12.8	3.0	19519.98	310.37	154.21	0.0	33.9	0.0	18385.9	7357.9
5	2.93	12.8	3.0	26270.2	417.7	207.53	0.0	33.9	0.0	24743.9	9902.3
6	2.93	18.6	3.09	32957.32	524.02	260.36	0.0	33.9	0.0	30736.3	12657.2
7	2.93	21.4	3.15	38228.99	607.84	302.01	0.0	33.9	0.0	35613.9	14930.4
8	2.93	23.6	3.2	45329.36	720.74	358.1	0.0	33.9	0.0	42263.0	18000.5
9	2.93	30.6	3.4	35414.73	563.09	279.78	0.0	33.9	0.0	33427.5	15149.5
10	2.93	30.6	3.4	11067.15	175.97	87.43	0.0	33.9	0.0	10446.2	4734.2

Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=1.46

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti

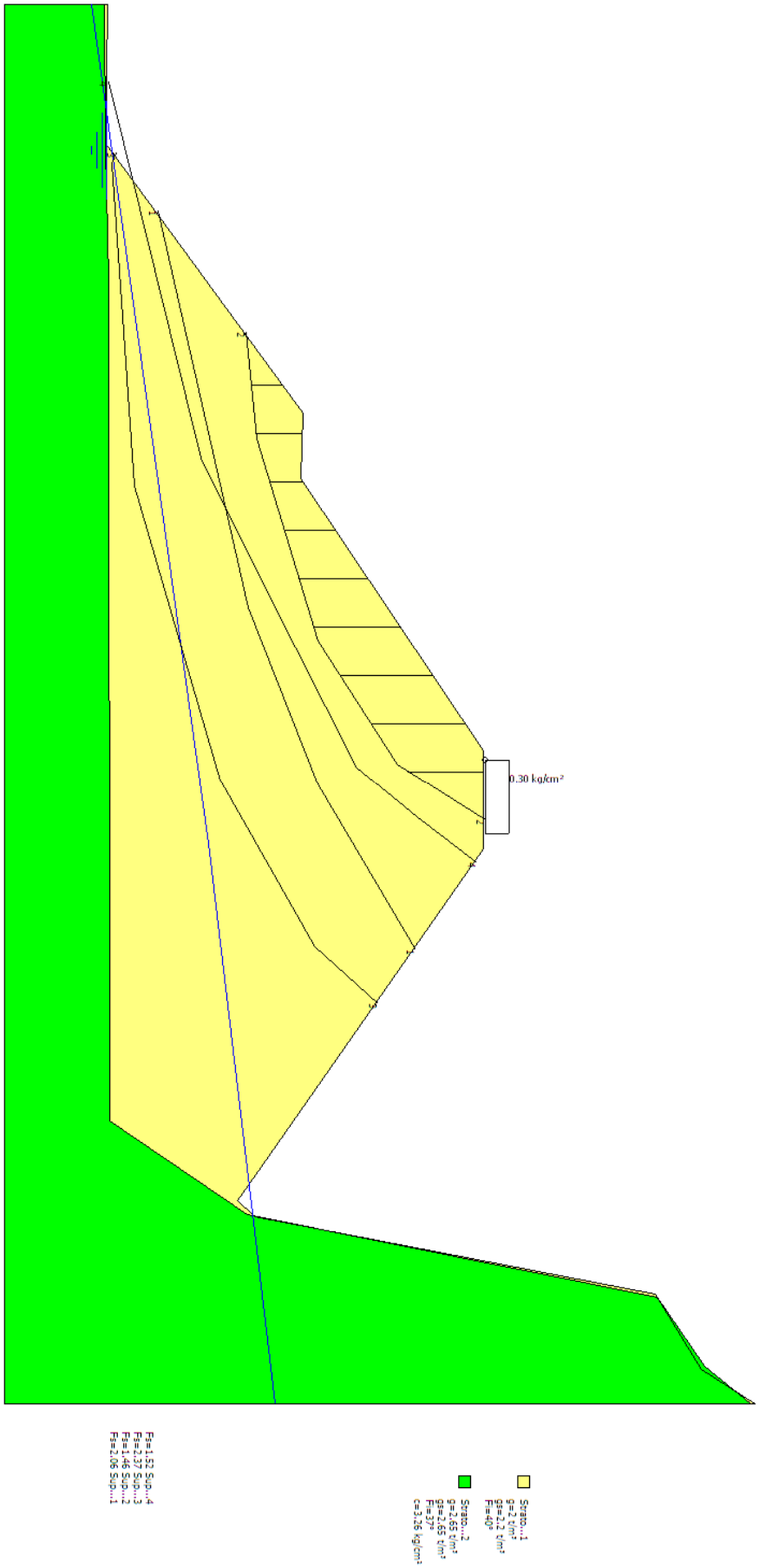
	m	(°)	m	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(kg/cm²)	(°)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
1	1.93	5.3	1.94	2380.6	37.85	18.81	0.0	33.9	0.0	2273.9	1260.5
2	1.93	5.3	1.94	7141.81	113.55	56.42	0.0	33.9	0.0	6821.7	3781.6
3	1.93	15.9	2.01	5992.83	95.29	47.34	0.0	33.9	0.0	5385.2	3090.2
4	1.93	17.1	2.02	6570.26	104.47	51.91	0.0	33.9	0.0	5876.9	3393.3
5	1.93	17.1	2.02	9305.24	147.95	73.51	0.0	33.9	0.0	8323.3	4805.8
6	1.93	17.1	2.02	12040.23	191.44	95.12	0.0	33.9	0.0	10769.7	6218.4
7	1.93	28.5	2.2	13888.56	220.83	109.72	0.0	33.9	0.0	12159.6	7640.4
8	1.93	32.7	2.3	14487.23	230.35	114.45	0.0	33.9	0.0	12710.9	8333.5
9	1.93	37.6	2.44	15631.92	248.55	123.49	0.0	33.9	0.0	13844.3	9642.2
10	1.93	57.4	3.59	11344.96	180.38	89.63	0.0	33.9	0.0	11297.7	11560.2

Superficie Nr...3 Fattore di sicurezza=2.37

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.39	1.5	3.39	8161.49	129.77	64.48	0.0	33.9	100.2	7755.8	2634.0
2	3.39	3.9	3.4	24070.67	382.72	190.16	0.0	33.9	419.7	22181.4	7548.4
3	3.39	3.9	3.4	39434.02	627.0	311.53	0.0	33.9	663.8	36418.0	12393.1
4	3.39	5.1	3.41	46560.49	740.31	367.83	0.0	33.9	866.3	42498.5	14486.5
5	3.39	16.3	3.53	52531.49	835.25	415.0	0.0	33.9	690.7	47569.0	16823.3
6	3.39	16.3	3.53	60938.86	968.93	481.42	0.0	33.9	172.9	57202.2	20230.2
7	3.39	16.3	3.53	69580.17	1106.33	549.68	0.0	33.9	0.0	65948.5	23323.5
8	3.39	24.9	3.74	77773.02	1236.59	614.41	0.0	33.9	0.0	74075.3	27732.9
9	3.39	29.7	3.91	52263.85	831.0	412.88	0.0	33.9	0.0	50414.7	19712.8
10	3.39	42.8	4.62	18711.95	297.52	147.82	0.0	33.9	0.0	19404.2	8979.7

Superficie Nr...4 Fattore di sicurezza=1.52

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.73	13.8	2.81	3610.33	57.4	28.52	0.0	33.9	0.0	3289.3	1795.0
2	2.73	13.8	2.81	10831.02	172.21	85.57	0.0	33.9	0.0	9868.0	5384.9
3	2.73	13.8	2.81	18051.7	287.02	142.61	0.0	33.9	0.0	16446.6	8974.8
4	2.73	13.8	2.81	24361.54	387.35	192.46	0.0	33.9	0.0	22195.4	12111.9
5	2.73	25.5	3.03	19905.15	316.49	157.25	0.0	33.9	0.0	17604.6	10331.6
6	2.73	26.3	3.05	22702.66	360.97	179.35	0.0	33.9	0.0	20068.1	11863.1
7	2.73	27.0	3.07	25254.95	401.55	199.51	0.0	33.9	0.0	22318.5	13269.6
8	2.73	27.0	3.07	27699.97	440.43	218.83	0.0	33.9	0.0	24479.2	14554.2
9	2.73	38.0	3.47	30819.86	490.04	243.48	0.0	33.9	0.0	27658.2	18595.2
10	2.73	51.7	4.41	16379.5	260.43	129.4	0.0	33.9	0.0	15820.6	13538.5


0.30 kg/cm²
Fs=1.53 Sob...4
Fs=1.37 Sob...3
Fs=1.46 Sob...2
Fs=1.06 Sob...1
Strato...2
γ=2.655 t/m³
Φ=37°
c=3.26 kg/cm²
Strato...1
γ=2 t/m³
γs=2.2 t/m³
Φ=40°

Sezione D/D

Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

==========

Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1.3

Superficie di forma generica

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	44.35
Longitudine:	8.21
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.2	2.61	0.16
S.L.D.	50.0	0.25	2.55	0.2
S.L.V.	475.0	0.6	2.61	0.3
S.L.C.	975.0	0.76	2.65	0.33

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.288	0.18	0.0053	0.0026
S.L.D.	0.36	0.18	0.0066	0.0033
S.L.V.	0.864	0.18	0.0159	0.0079
S.L.C.	1.0944	0.18	0.0201	0.01

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0159
Coefficiente azione sismica verticale	0.0079

Vertici profilo

N	X m	y m
1	-26.55	11.51
2	-18.68	11.51
3	-2.4	23.91

4	1.15	23.8
5	15.77	34.33
6	19.98	34.44
7	22.42	31.78
8	23.19	32.77
9	26.18	59.91

Falda

Nr.	X m	y m
1	-26.55	8.84
2	-21.23	10.74
3	-2.23	17.56
4	18.29	28.78
5	28.79	35.84

Vertici strato 1

N	X m	y m
1	-26.55	11.51
2	-18.68	11.51
3	-18.51	11.63
4	-5.61	11.84
5	5.69	14.61
6	18.1	21.81
7	22.86	29.67
8	23.19	32.77
9	23.19	32.77
10	26.18	59.91

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	-10.35	17.97
2	4.25	20.7
3	15.33	27.46
4	20.02	34.51

Vertici superficie Nr...2

N	X m	y m
1	-14.24	15.0
2	0.82	16.82
3	12.34	21.59
4	17.43	26.46
5	22.37	31.98

Vertici superficie Nr...3

N	X m	y m
1	-9.52	18.6
2	4.58	21.7
3	14.22	25.8
4	17.99	28.45
5	21.34	33.1

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (t/m³)	Gs (t/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0	40	1.80	2.2	0.00		
2	3.26	37	2.65	2.65	0.00		

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm²)
1	16.66	34.36	19.66	34.43895	0.3

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1.47

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.01	10.6	3.06	4693.47	74.63	37.08	0.0	33.9	0.0	4330.6	2417.0
2	3.01	10.6	3.06	14080.45	223.88	111.24	0.0	33.9	0.0	12991.7	7251.0
3	3.01	10.6	3.06	23467.43	373.13	185.39	0.0	33.9	0.0	21652.9	12084.9
4	3.01	10.6	3.06	20850.97	331.53	164.72	0.0	33.9	0.0	19238.7	10737.5
5	3.01	15.6	3.13	25722.29	408.98	203.21	0.0	33.9	0.0	23154.4	13191.6
6	3.01	31.4	3.53	30527.65	485.39	241.17	0.0	33.9	266.3	26089.0	16765.5
7	3.01	31.4	3.53	32089.71	510.23	253.51	0.0	33.9	76.1	27962.5	17969.4
8	3.01	31.4	3.53	33789.11	537.25	266.93	0.0	33.9	0.0	29655.2	19057.2
9	3.01	47.6	4.46	31630.38	502.92	249.88	0.0	33.9	0.0	29296.9	23820.2
10	3.01	56.4	5.44	12052.85	191.64	95.22	0.0	33.9	0.0	11924.8	11808.5

Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=1.35

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.64	6.9	3.66	7628.82	121.3	60.27	0.0	33.9	0.0	7168.8	4298.8
2	3.64	6.9	3.66	22886.48	363.9	180.8	0.0	33.9	0.0	21506.3	12896.3
3	3.64	6.9	3.66	38802.16	616.95	306.54	0.0	33.9	452.4	34916.4	20937.7
4	3.64	6.9	3.66	50046.18	795.73	395.36	0.0	33.9	1486.4	41949.4	25155.1
5	3.64	21.1	3.9	50485.48	802.72	398.84	0.0	33.9	2552.1	35911.5	22922.4
6	3.64	22.5	3.93	58867.21	935.99	465.05	0.0	33.9	3085.7	41374.9	26653.9
7	3.64	22.5	3.93	66860.79	1063.09	528.2	0.0	33.9	3570.8	46784.5	30138.8
8	3.64	39.2	4.69	69006.52	1097.2	545.15	0.0	33.9	3324.9	49440.7	37980.6
9	3.64	45.3	5.17	57573.21	915.41	454.83	0.0	33.9	1992.1	44680.3	37830.4
10	3.64	48.2	5.45	26843.04	426.8	212.06	0.0	33.9	383.0	22920.4	20468.5

Superficie Nr...3 Fattore di sicurezza=1.57

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.06	12.4	3.13	4567.3	72.62	36.08	0.0	33.9	0.0	4203.3	2206.1
2	3.06	12.4	3.13	13701.87	217.86	108.24	0.0	33.9	0.0	12609.8	6618.2
3	3.06	12.4	3.13	19598.2	311.61	154.83	0.0	33.9	0.0	18036.2	9466.2
4	3.06	12.4	3.13	16434.49	261.31	129.83	0.0	33.9	0.0	15124.6	7938.1
5	3.06	17.4	3.21	24060.06	382.56	190.07	0.0	33.9	0.0	21721.1	11672.2
6	3.06	23.0	3.32	29951.81	476.23	236.62	0.0	33.9	0.0	26721.9	14886.7
7	3.06	23.0	3.32	35295.83	561.2	278.84	0.0	33.9	316.9	30625.0	17061.1
8	3.06	27.1	3.44	39814.59	633.05	314.54	0.0	33.9	556.1	33916.6	19534.6
9	3.06	37.2	3.84	37379.24	594.33	295.3	0.0	33.9	285.7	32990.3	21227.9
10	3.06	54.2	5.22	19435.54	309.03	153.54	0.0	33.9	0.0	19413.3	16996.0

