REGIONE LIGURIA

PROVINCIA LA SPEZIA

COMUNE DI BONASSOLA

CAVA DI MARMO ROSSO LEVANTO DENOMINATA "PIAN DELLA VALLE"

VARIANTE AL PROGRAMMA DI COLTIVAZIONE

Relazione geomineraria

DITTA RICHIEDENTE: QUEIROLO ROBERTO S.R.L.

I tecnici incaricati:

Dott. Geol. Guido CARIERI



Dott. Geol. Marco ROSSI



PREMESSA:

Su incarico della Ditta Queirolo Roberto S.r.l., titolare della cava di marmo tipo Rosso Levanto denominata “PIAN DELLA VALLE” in Comune di Bonassola, sono stati predisposti gli elaborati cartografico e descrittivi finalizzati all’ottenimento della variante al programma di coltivazione della cava di cui trattasi.

La presente relazione geomineraria è comprensiva di tutti gli elaborati geologici in senso ampio previsti dalle vigenti normative in materia di attività estrattive, difesa del suolo e delle acque .

In considerazione della tipologia ed incidenza sul territorio dell’intervento, delle condizioni attuali dei terreni l’indagine ha compreso:

- Ricognizione preliminare al fine di prendere visione dei luoghi e raccogliere la documentazione esistente, ivi compresa la ricerca bibliografica di articoli, pubblicazioni ed indagini geologiche concernenti l’areale interessato dalla cava ed le zone contermini.
- Accertamenti geologici di dettaglio del terreno.

1. CARATTERISTICHE GENERALI DELLA ZONA

1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO:

La cava “PIAN DELLA VALLE” è situata a mezza costa in testa alla valle del torrente San Giorgio in Loc. Pian della Valle ed è raggiungibile dalla S.P. 335 percorrendo per circa 800 metri la strada comunale di Montaretto.

Le coordinate geografiche del baricentro della cava, compresa la zona prevista in ampliamento, fornite nel sistema Gauss – Boaga sono 4 893 840 N , 1 547 110 E.

L’accesso avviene con strada carrabile privata con la quale si raggiunge il complesso estrattivo, situato attualmente tra le quote 335 e 390 metri circa s.l.m., costituito dal fronte di cava, dalle piste e piazzali di servizio e dalla vecchia discarica.

1.2 PROFILO GEOLITOLOGICO

Nell’area in esame sono rilevabili affioramenti appartenenti all’Unità ofiolitica del Bracco; come evidenziato nella cartografia geologica, predisposta in scala 1:1.000, nell’area esaminata sono state rilevate in successione stratigrafica i seguenti litotipi:

a) **Serpentiniti:**

Si tratta di rocce metamorfiche, derivate cioè da processi di trasformazione di altre formazioni rocciose di tipo peridotitico, costituite essenzialmente dal minerale serpentino, generalmente massicce, non stratificate, di colore verde scuro, fino a nero, e spesso verde bluastro (lherzolite più o meno fresca), a frattura tagliente e scheggiosa.

Nella regione d'affioramento sono presenti le seguenti varietà del litotipo:

- serpentiniti massicce di colore verde scuro – nero, molto compatte e resistenti, con cristalli di pirosseno di colore bronzo brillante e relitti di peridotiti;
- serpentiniti in facies bastitica, caratterizzata dalla presenza di pirosseno Bastite, di colore verde smorto, riconoscibile per le asperità evidenziate dall'erosione selettiva sulle superfici esposte;
- serpentiniti con steatite (talco) untuose al tatto;
- serpentiniti antigorite, di assetto scaglioso e talora scistose.

Le serpentiniti della zona investigata fanno parte di un vasto affioramento che da Levanto, si sviluppa sino al Passo del Bracco.

Le condizioni di conservazione della roccia appaiono da mediocri a discrete poiché, salvo alcune zone, risulta disturbata da faglie e fratture che la suddividono in placche, scaglie, poliedri, cunei.

Tali materiali non saranno oggetto di sfruttamento estrattivo.

b**) Oficalciti:**

Si tratta di brecce associate alle ofioliti; possono essere distinte in brecce di origine tettonica (breccia di Levanto) che si ritrovano nella parte superiore delle serpentiniti, e di origine sedimentaria (breccia di Framura), di età e posizione variabile nella sequenza ofiolitica, sia sovrastanti le serpentiniti ed i gabbri, che intercalate alle effusioni basaltiche.

b1) Breccia di Levanto:

E' il materiale oggetto della coltivazione nella cava "PIAN DELLA VALLE" e nella limitrofa cava "SAN GIORGIO".

Si tratta di brecce, di origine prevalentemente tettonica (cioè causata da faglie che nel loro movimento relativo hanno frantumato la roccia in posto), costituite da frammenti di serpentina verde o rossastra per pigmentazione dovuta all'ematite, legati insieme da un cemento carbonatico bianco e grigio, o colorato pure in rosso, dovuto a reazioni secondarie di ossidazione. Le stesse si presentano tagliate da vene calcistiche posteriori.

Il materiale si presenta pertanto con macchie verdi o rosso – sangue, caratteristica del litotipo merceologicamente più bello e pregiato (marmo Rosso di Levanto) utilizzato come materiale ornamentale da rivestimento.

L'esame delle fronti delle cave in zona permette di rilevare che il cemento calcareo (calcare finemente cristallino) diviene sempre più abbondante dal basso verso l'alto.

Alla base la breccia si presenta come una Lherzolite fratturata, con scarso cemento che riempie le fratture.

Questo è in gran parte costituito da calcite spatica bianca; solo nelle fratture più ampie vi è il calcare grigio o rosso.

In corrispondenza di molte fessure si notano microstrutture da compressione messe in evidenza dalla formazione di cristalli di pirosseno orientati dalle Lherzoliti.

Verso l'alto (in senso stratigrafico) le fratture tendono ad allargarsi e sono riempite per lo più da una breccia spigolosa di Lherzolite, di dimensioni molto variabili e senza alcuna classazione.

Questo settore della roccia rappresenta la parte più pregiata del materiale estratto.

Nell'ambito della cava oltre alle citate varietà, compare anche uno strato più superficiale, di circa 10 m di potenza, di Oficalcite alterata e fratturata, che passa ad una breccia tettonica, così come illustrato nella sezione geologica di dettaglio estesa al fronte di cava, B/B.

Tale materiale di copertura, per quanto non commerciabile come marmo, sarà oggetto di scavi per poter raggiungere la parte più pregiata sottostante ed impiegato come inerti per opere edili-stradali in genere.

b2) Breccia di Framura

A differenza dalla prima, la loro formazione è prevalentemente di tipo sedimentaria, originata dal rimaneggiamento del materiale serpentinitico.

E' costituita da blocchetti angolosi di diabase ed elementi alterati ed in parte arenizzati di gabbro.

Si presenta come un ammasso disordinato di elementi in prevalenza di diabase e gabbro e subordinatamente di serpentiniti, in matrice detritica fine di disfacimento delle ofioliti.

La composizione varia lateralmente, per questo possono trovarsi zone con prevalenza di diabasi, altre con gabbri; questi ultimi in certi casi sono talmente numerosi che la breccia può essere assimilata ad un gabbro alterato e fratturato, come nel caso dell'affioramento lungo il fosso San Giorgio, a valle della cava.

Nell'areale esaminato il litotipo, indicato in cartografia genericamente come "Breccia", appare alterato, talvolta non ben distinguibile dal detrito.

c**) Basalti e brecce basaltiche:**

si tratta di rocce effusive in ambiente sottomarino, costituite fondamentalmente da due tipi di minerali, i plagioclasi e i pirosseni.

Si presentano generalmente molto compatte, granulari, di colore grigio verde, se freschi, o marroncino chiaro se alterati; localmente possono avere una diffusa pigmentazione rossastra per l'ematite.

Sul territorio si trovano in diverse facies così sintetizzabili:

- massicci senza particolari strutture;
- in pillow-lavas (masse tondeggianti a forma di cuscini, elissoidi, a pera, del diametro anche di 1,5 m, dovute al raffreddamento dell'originario magma, accumulate le une sulle altre);
- variolitici, cioè con cristalli tondeggianti di plagioclasi;
- porfirici, cioè con grossi cristalli di plagioclasio bianchi immersi nella massa microgranulare verdastra.

Al margine SW della cava, tra la Breccia di Levanto e la Breccia di Framura, si rinvengono anche brecce di basalto, probabilmente d'origine tettonica, conseguenti alle numerose faglie esistenti in zona.

Queste Brecce basaltiche, composte da elementi spigolosi di 10/15 cm di basalto, con blocchi anche di 1 mc, sono scarsamente cementate.

Questo materiale si trova in condizioni di media alterazione, non sfruttabile come pietra pregiata e non verrà pertanto interessato dalla coltivazione.

d**)Detrito e riporti:**

La distribuzione areale della copertura detritica varia sia in rapporto all'acclività del versante, sia all'erosione superficiale operata dalle acque di ruscellamento e all'attività estrattiva.

Placche detritiche di un certo spessore sono state rilevate nell'area compresa tra C. Lavagina e C. Marsone, nell'impluvio in sponda sinistra del torrente Carmine, immediatamente a valle della Strada Provinciale, e sopra la strada per San Giorgio.

La prima area è detrito prevalentemente d'alterazione del substrato e subordinatamente

d'origine colluviale.

Nell'ambito considerato vi sono anche dei riporti legati alle attività estrattive, più precisamente un accumullo di scarti a pezzatura medio-piccola ubicato sul piazzale di manovra più esterno.

Sono costituite da materiale lapideo di varia pezzatura, spigoloso, compreso tra il ciottolo e il blocco vero e proprio, scaricato perché non di buona qualità o inutilizzabile in passato a causa d'imperfezioni. (l'accumulo derivante dai lavori della cava ubicato in prossimità del piazzale verrà rimosso ed il materiale utilizzato per la produzione di inerti per opere edili-stradali in genere).

Nelle altre aree il detrito è limitato a piccoli anfratti o depressioni, con spessori non superiori al metro.

1.3. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

La cava è situata in un impluvio impostato in un versante esposto a sud, a pendenza medio-bassa. Non sono riscontrati nell'area fenomeni gravitativi o di erosione sia diffusa che concentrata. L'evoluzione del rilievo e dei corsi d'acqua sono legate prevalentemente alla alterazione dei litotipi ed alle strutture tettoniche minori.

L'ampliamento previsto si svilupperà interamente lungo i versanti Nord/Ovest e Ovest della cava attuale, nell'ambito di terreni in passato già in parte interessati da attività estrattiva.

1.4. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

La cava è situata tra due aste di primo ordine del Rio San Giorgio, già oggetto di un intervento di canalizzazione finalizzato a salvaguardare sia il rio sia il piazzale di cava.

Le acque occasionalmente presenti nelle sopraccitate incisioni vallive, in particolare per quanto concerne quella di ovest (mancante del resto anche di tombino sotto la strada provinciale), possono essere considerate quasi esclusivamente d'origine meteorica poiché non alimentate da sorgenti vere e proprie.

Il bacino imbrifero sotteso alla zona di cava è dell'ordine di 0,16 kmq, e le acque raccolte nel Rio S. Giorgio, assieme a quelle del torrente Carmine, defluiscono al mare in prossimità dell'abitato di Bonassola.

Come già riportato nelle precedenti relazioni geologiche a suo tempo nell'ambito dell'areale della cava si riconoscono due vie di deflusso da monte: uno alla estremità occidentale R1 ed uno alla estremità orientale R2.

Per i particolari delle incisioni vallive e delle previsioni progettuali si rimanda alla specifica

“Relazione Idraulica” predisposta dall’Ing. De Ferrari Daniel.

Con riferimento alla permeabilità dei terreni sulla base delle condizioni geologiche risulta che le rocce presenti hanno un comportamento idrogeologico simile e sono classificabili mediamente permeabili per fessurazione.

Solo le Brecce Basaltiche possono considerarsi molto permeabili per fratturazione.

Il detrito è invece permeabile per porosità.

Tenuto conto di quanto sopra non vi sono falde acquifere nei livelli superficiali raggiunti dalla cava, e la circolazione idrica è da ritenersi abbastanza veloce e di tipo anisotropo, condizionata dai contatti e dalle fratture - faglie.

1.5. TETTONICA

La zona ofiolitifera del Bracco, di cui fa parte l’area in oggetto, costituisce un’Unità tettonica geometricamente compresa tra quella del Monte Caio e quella del Monte Gottero.

La tettonica è alquanto complessa, poiché è stata oggetto di fasi tettoniche successive che spesso hanno alterato gli originali rapporti tra i terreni.

Lo stile tettonico in grande risulta avere un carattere plastico, con pieghe coricate, cui si sommano stili rigidi con faglie e fratture a carattere locale come nel caso dell'area in esame.

A livello puntuale nell’areale esaminato, infatti, la situazione risulta caratterizzata da uno stile prevalentemente rigido, dove le fratture e le faglie hanno un certo ruolo nell’assetto dei vari terreni.

In particolare, nell'ambito delle zone di cava, grazie anche ai lavori di scavo sin qui effettuati, la situazione geologica e tettonica è evidente (vedere carta e sezioni geologiche di dettaglio della zona di cava).

Particolarmente significativo, anche ai fini della qualità del Marmo coltivato, è il contatto stratigrafico ad immersione SW, che attraversa in diagonale la parete occidentale dello scavo, tra i basalti e la “Breccia Rosso Levanto” sotto le “Brecce di Framura”.

Praticamente tutti i contatti tra la Breccia di Levanto e il Serpentino sono di tipo tettonico, anche se non esposti a giorno dalla precedente attività.

In particolare, si rileva la probabile impostazione del rio R2 in corrispondenza di una faglia al contatto tra oficalci e serpentino nel settore E, con la creazione di una fascia tettonizzata di almeno 5 m di larghezza.

In questa zona non sono previsti interventi di scavo ma il solo utilizzo delle piste esistenti

senza l'esecuzione di scavi o riporti.

1.6. INQUADRAMENTO NORMATIVA SULL'AMIANTO:

Il materiale estratto è classificabile fra le "rocce verdi" per le quali la vigente normativa prevede la valutazione della presenza di amianto.

Al fine di valutare il "contenuto" di amianto della roccia oggetto di coltivazione mineraria, sono stati effettuati specifici accertamenti presso la cava in argomento.

Nell'ambito della Regione Liguria, le cave di pietre verdi sono classificate in tre gruppi "A" (estrazione di Serpentiniti, Serpentinoscisti e Eclogiti), "B" (Anfiboliti, Gabbri, Metagabbri e Metabasiti) e "C" (cave di Brecce ofiolitiche, Basalti e Metabasalti), cui corrispondono diverse modalità di controlli ed esami.

La cava di cui trattasi è quindi classificabile nel gruppo "C".

1.6.1. Rilievo di superficie

In affioramento la roccia appare in buone condizioni di conservazione e non eccessivamente alterata o fratturata.

Non sono rilevabili faglie principali e durante gli accertamenti effettuati non sono stati evidenziati filoni ricchi di amianto o minerali fibrosi classificabili come amianto.

Dalla lettura delle relazioni geologico-tecniche - precedentemente predisposte da professionisti abilitati nella fase di presentazione delle istanze di autorizzazione alla prosecuzione dell'esercizio della cava ed in occasione dell'ampliamento della medesima – non sono emerse evidenze riconducibili alla presenza di amianto. Circa le analisi a suo tempo eseguite si rimanda alla documentazione già agli atti (corredo tecnico progetto in oggi approvato).

2. NORMATIVA IN MATERIA DI TUTELA DEL SUOLO, DELLE ACQUE E DEL PATRIMONIO SPELEOLOGICO

La cava insiste sul territorio appartenente all'ambito 18 – Ghiararo normato da Piano di Bacino Stralcio per l'assetto idrogeologico ex d.lgs. 180/1998, approvato con D.C.P. N°51 del 5.5.2003 e s.m.i..

Rispetto alla carta della suscettività al dissesto dei versanti l'area è classificata a suscettività bassa e molto bassa; le aste fluviali dell'area non rientrano tra quelle classificate nelle fasce di pericolosità idraulica.

L'area non è carsica e pertanto non è soggetta alle norme che tutelano il patrimonio carsico e speleologico.

Per quanto riguarda inoltre le aree franose a rischio come identificate dalla D.G.R. 1411/99 ai sensi della legge 267/98, la zona in esame non rientra tra quelle a classificate a pericolosità elevata e l'intervento è senz'altro compatibile.

Il Comune di Bonassola, a seguito dell'emanazione dell O.P.C.M. 3274/03, recepita con l. R.L. n. 216/2017 ricade in classe 3. Questo comporta l'assunzione di una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,15 g.

3. ASSETTO STRUTTURALE E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

3.1 ANALISI DEI FRONTI DI SCAVO

Lo studio geologico strutturale svolto sulle aree di cava dal dott. geol. S. Donati quale corredo tecnico del progetto approvato viene come nel seguito riportato.

…..Sono stati eseguiti degli accertamenti e delle indagini dirette su tutta l'area interessata dalla cava ed a monte della stessa cui hanno seguito calcoli geomeccanici sulla base dei parametri determinati in sito (vd. All. n. 1 - "Schema geologico strutturale con ubicazione delle stazioni di rilevamento", in sc. 1: 1.000, datato 18/10/2008, già presente agli atti).

Particolare attenzione è stata posta nelle verifiche sulle porzioni del fronte in roccia fratturata.

Dagli accertamenti non è emersa la presenza di giunti di trazione a monte del ciglio superiore di cava e sui ripiani dei gradoni.

Sul terreno è stato effettuato il rilevamento geomeccanico nell'ambito del fronte attuale della cava con il quale sono state misurate le direzioni di immersione delle principali discontinuità (sistemi di fratturazione alla scala locale), in stazioni indicate nello schema geologico strutturale.

I risultati di sintesi del rilevamento geologico strutturale indica:

- Sistema fatturazione K1: immersione 190 ° inclinazione 44 °, spaziatura 1000-2000 mm;
- Sistema fatturazione K2: immersione 219° inclinazione 28°, spaziatura 500-600 mm;
- Sistema fatturazione K3: immersione 251° inclinazione 45°, spaziatura 800-900 mm;

La resistenza alla compressione monoassiale è stata misurata in superficie mediante lo sclerometro, ed operando la media di almeno 10 valori ottenuti per punto di campionamento.

Dal punto di vista geomeccanico, la caratterizzazione dell'ammasso roccioso è stata effettuata sulla base dell'analisi strutturale e della bibliografia esistente, adottando la classificazione RMR_{base} di Bieniawski (v. tabella 1-2) e valutando poi le caratteristiche meccaniche della roccia (v. figura 1) impiegando il programma *Roclab 1.0*

Sinteticamente, i risultati medi che si sono ottenuti sono:

Tabella 1

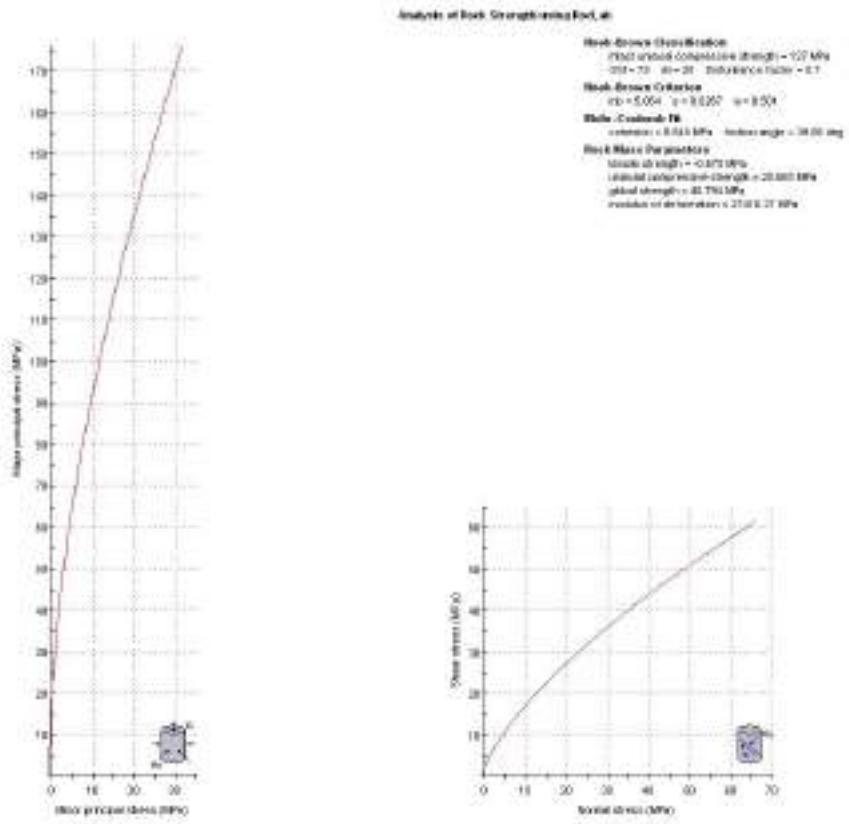
PARAMETRO	VALORE	PUNTEGGIO
Resistenza monoassiale (σ_c)	122 Mpa	12
RQD (%)	75	17
Spaziatura	2500 mm	20
Condizioni	Sup. ruvide, a contatto	30
Condizioni idrauliche	Completamente asciutto	15
Classe	**I^a**	94

RMR base Breccia Levanto = 94 (roccia "Ottima", valori da 81 a 100)

Tabella 2

PARAMETRO	VALORE	PUNTEGGIO
Resistenza monoassiale (σ_c)	90 Mpa	7
RQD (%)	55	13
Spaziatura	250 mm	10
Condizioni	Sup. leggermente alterate, spaziatura < 1 mm	20
Condizioni idrauliche	Completamente asciutto	15
Classe	**III^a**	65

RMR base Oficalcite alterata = 65 (roccia "buona", valori da 61 a 80)



I parametri geomeccanici corrispondenti ricavati dalle usuali formule risultano quindi:

- Breccia di Levanto: ϕ = 39° ; C = 9,3 MPa
- Serpentino: ϕ = 33° ; C = 5,6 MPa
- Oficalcite alterata: ϕ = 35° ; C = 4,5 MPa

Resistenza alla compressione uniassiale:

- Breccia di Levanto: Rmin=88 MPa; Rmax=165 Mpa; Rmedio=125 MPa
- Serpentino: Rmin =40 MPa; Rmax = 96 Mpa; Rmedio= 68 MPa
- Oficalcite alterata: Rmin 14 MPa Kg/cmq; Rmax = 29 Mpa; Rmedio=22 MPa

Peso di volume medio dei litotipi da 2,4 a 2,7 t/mc in rapporto alla facies e all'alterazione…..

3.2. ANALISI DELLA STABILITA':

Le analisi di stabilità svolte in ottemperanza di quanto disposto dal DM 17012018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e Circ. 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP "Istruzioni per

l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui al DM 17/01/2018", riguardano la situazione attuale dei fronti di scavo (stato di fatto), la fase di massimo scavo e di riqualificazione ambientale del sito estrattivo, così come previsto dal progetto di variante rispetto al programma dei lavori autorizzato (D.D. n° 2528 del 3 settembre 2008 è stato approvato il rinnovo dell'autorizzazione con variante in ampliamento della cava).

L'analisi di stabilità sotto il profilo cinematico per l'individuazione di potenziali cinematismi piani e/o tridimensionali è stata eseguita mediante test di Markland nell'ambito dello studio a corredo del progetto approvato (vd. Allegato di calcolo n. 4).
Le analisi di stabilità agli stati limite si sono avvalse dell'utilizzo del software di calcolo "Slope" della ditta Geostru, analizzando i fronti in roccia (situazione dello stato di fatto e di fine scavo) e delle opere di riqualificazione paesaggistica del polo estrattivo a fine ciclo.
Le analisi sono svolte lungo le sezioni di progetto in variante n. 1, 2 (sezioni monte valle) e n. 5 (sezione trasversale W-E).
Le analisi assumono cautelativamente i valori dei principali parametri geomeccanici e geotecnici riferiti alla formazione delle oficalci alterate in luogo delle formazioni presenti caratterizzate da maggiore competenza.
Per coerenza con lo studio già agli atti (relazione geomineraria a corredo del progetto approvato) si sono mutuati dal suddetto studio i valori caratteristici dei parametri geomeccanici alla scala del fronte di scavo e geotecnici dei terreni impiegati nelle opere di riqualificazione ambientale:

<u>Marmo Rosso Levanto</u>

- angolo d'attrito interno minimo fra le superfici di discontinuità ϕ = 39°
- coesione: c = 150 kPa (assunta cautelativamente al 5% del valore di ammasso)
- peso di volume medio γ = 2,6 t/mc
- angolo della discontinuità = 45°

<u>Oficalcite alterata.</u>

- angolo d'attrito interno minimo fra le superfici di discontinuità ϕ = 35°
- coesione: c = 75 kPa (assunta cautelativamente al 50% del valore del marmo)
- peso di volume medio γ = 2,6 t/mc
- angolo della discontinuità = 45°

Terre e rocce da scavo.

angolo d'attrito interno efficace ϕ = 33°

coesione efficace c = 5 kPa

peso di volume drenato γ = 19 kN/m^3

peso di volume saturo γ = 19 kN/m^3

In considerazione della particolare conformazione morfologica dei luoghi, della bassa permeabilità per fratturazione, dell'assenza di falde nei livelli interessati dagli scavi, si assume un valore nullo della pressione neutra lungo le superfici di discontinuità dell'ammasso roccioso.

a) Stabilità dei versanti naturali:

Nella zona di cava e nell'immediato intorno non esistono frane, paleofrane per cui, anche in considerazione delle condizioni geologiche di affioramento, delle buone caratteristiche meccaniche dei terreni e delle condizioni di conservazione delle rocce, è possibile affermare che le pendici in questione sono attualmente stabili.

b) Stabilità dei fronti di scavo:

Come sopra riportato le condizioni d'equilibrio sono buone e rimarranno tali anche a seguito dei lavori di coltivazione, sia durante le fasi di scavo che al termine, sempre che siano rispettate le condizioni previste dal progetto di variante in questione e gli scavi condotti con cautela e in sicurezza.

La fratturazione nelle zone direttamente interessate dai lavori di coltivazione, risulta abbastanza contenuta e caratterizzata da due - tre faglie ad andamento sub-verticale o con inclinazione a reggipoggio - traverpoggio rispetto al fronte di scavo.

Anche la sovrastante copertura di Oficalcite alterata non presenta situazioni di possibile instabilità.

c) Stabilità degli interventi di riqualificazione ambientale:

Le analisi di stabilità dei fronti al termine degli interventi di riqualificazione ambientale sono state riferite alle zone ove si prevede il riporto di materiale detritico a mascheramento del fronte residuo di coltivazione.

Elaborazioni numeriche:

Gli algoritmi di calcolo impiegati nelle analisi di stabilità si differenziano in base alla differente tipologia di terreni costituenti i fronti di scavo e le opere di riqualificazione: "Fronti in roccia" –

Pendii in roccia (***Metodo di Hoeck e Bray)***

Per i versanti in roccia, diversamente da quelli in terra, 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. 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:

$$\mathrm{tg}\varphi = AB\left(\frac{N}{\sigma_c} - T\right)^{B-1}$$

$$c = A\sigma_c\left(\frac{N}{\sigma_c} - T\right)^{B} - N\mathrm{tg}\varphi$$

dove:

σ_C è la resistenza a compressione monassiale della roccia;

A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia *(riportati in tabella);*

N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T sono 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 111 esempi analizzati, è stata trovata la seguente correlazione:

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

	Calcari Dolomie Marne	Argilliti Siltiti Scisti	Areniti Quarziti	Andesiti Basalti Rioliti	Anfiboliti Gneiss Graniti
RMR =100	A = 0.816	A = 0.918	A = 1.044	A = 1.086	A = 1.220
Q = 500	B = 0.658	B = 0.677	B = 0.692	B = 0.696	B = 0.705
	T = -0.140	T = -0.099	T = -0.067	T = -0.059	T = -0.040
RMR = 85	A = 0.651	A = 0.739	A = 0.848	A = 0.883	A = 0.998
Q = 100	B = 0.679	B = 0.692	B = 0.702	B = 0.705	B = 0.712
	T = -0.028	T = -0.020	T = -0.013	T = -0.012	T = -0.008
RMR = 65	A = 0.369	A = 0.427	A = 0.501	A = 0.525	A = 0.603
Q = 10	B = 0.669	B = 0.683	B = 0.695	B = 0.698	B = 0.707
	T = -0.006	T = -0.004	T = -0.003	T = -0.002	T = -0.002
RMR = 44	A = 0.198	A = 0.234	A = 0.280	A = 0.295	A = 0.346
Q = 1	B = 0.662	B = 0.675	B = 0.688	B = 0.691	B = 0.700
	T = -0.0007	T = -0.0005	T = -0.0003	T = -0.003	T = -0.0002
RMR = 3	A = 0.115	A = 0.129	A = 0.162	A = 0.172	A = 0.203
Q = 0.1	B = 0.646	B = 0.655	B = 0.672	B = 0.676	B = 0.686
	T = -0.0002	T = -0.0002	T = -0.0001	T = -0.0001	T = -0.0001
RMR = 3	A = 0.042	A = 0.050	A = 0.061	A = 0.065	A = 0.078
Q = 0.01	B = 0.534	B = 0.539	B = 0.546	B = 0.548	B = 0.556
	T = 0	T = 0	T = 0	T = 0	T = 0

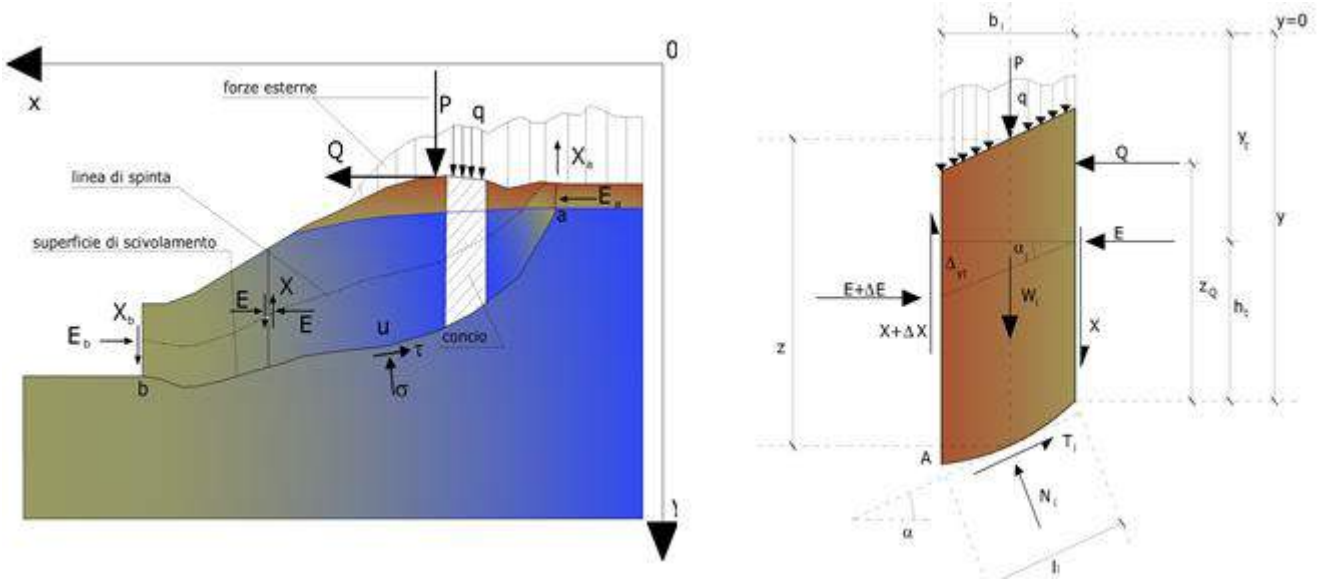
Pendii in terre

Algoritmo di calcolo proposto da Janbu (1967)

Si tratta di un estensione del metodo proposto da Bishop per superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\} \times \dfrac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$



Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Risultati di sintesi delle analisi agli stati limite lungo le sezioni di progetto maggiormente onerose

Le analisi di stabilità sono eseguite in condizioni di stato limite, di sollecitazione sismica senza applicazione dei coeff. parziali di riduzione delle caratteristiche geotecniche dei materiali (sia rocce coerenti, sia rocce sciolte M = 1), secondo l'approccio 1 combinazione di calcolo n. 2 "A2+M2+R2" (ex NTC 2018 § 6.2.4.1).

Nel seguito si riportano i dati di sintesi delle diverse analisi svolte sulle sezioni di verifica della stabilità dei fronti nelle condizioni di stato di fatto, di fondo scavo e riqualificazione paesistico ambientale previste a progetto:

Sezione n. 1	condizioni di stato attuale	fondo scavo	colmata in terra e rocce da scavo
Fs	1,540	1,834	1,390

Sezione n. 2	condizioni di stato attuale	fondo scavo	colmata in terra e rocce da scavo
Fs	1,902	1,970	1,120

Sezione n. 5	condizioni di stato attuale	fondo scavo	colmata in terra e rocce da scavo
Fs	2,370	1,280	2,900

Le analisi cautelativamente tengono conto di un battente d'acqua all'interno del corpo del riempimento in terre e rocce da scavo previsto a progetto, coerente con le soglie di sbocco della fossa e le canalizzazioni di regimazione acque sul piazzale previste a progetto.

4. CONCLUSIONI

A conclusione dell'indagine si riassumono come nel seguito gli elementi salienti della presente:

La variante al piano di coltivazione e tutti gli interventi ad essa connessi non modificheranno negativamente l'attuale assetto geomorfologico ed idrogeologico dell'area oggetto d'intervento, ottimizzando lo sfruttamento del giacimento minerario e migliorando l'intervento di coltivazione della cava e la riqualificazione ambientale dei luoghi comunque compromessi.

In particolare:

1. le nuove profilature previste a progetto contribuiranno a migliorare il grado di stabilità dei fronti in essere, così come emerge dall'analisi dei risultati delle sessioni di verifica allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), esplicitate a corredo della presente. Gli interventi di scavo saranno accompagnati da interventi mirati alla captazione e regimazione delle acque di superficie, sia lungo i gradoni che lungo le piste di arroccamento, contribuendo a migliorare l'intero assetto idrogeologico dell'area d'intervento
2. il tratto di fronte oggetto dell'istanza di autorizzazione sarà mascherato visivamente mediante la realizzazione del riempimento in colmata, in terre e rocce da scavo, provenienti da interventi diversamente autorizzati e da siti non contaminati.
3. gli stessi saranno sottoposti, comunque, ad interventi di rinverdimento e piantumazione non appena saranno raggiunte le quote di chiusura del progetto approvato.

Allegati

Carta di inquadramento geologico scala 1:2.000;

Relazione di calcolo della stabilità agli stati limite dei fronti di cava nelle condizioni di stato di fatto, fondo scavo e riqualificazione ambientale;

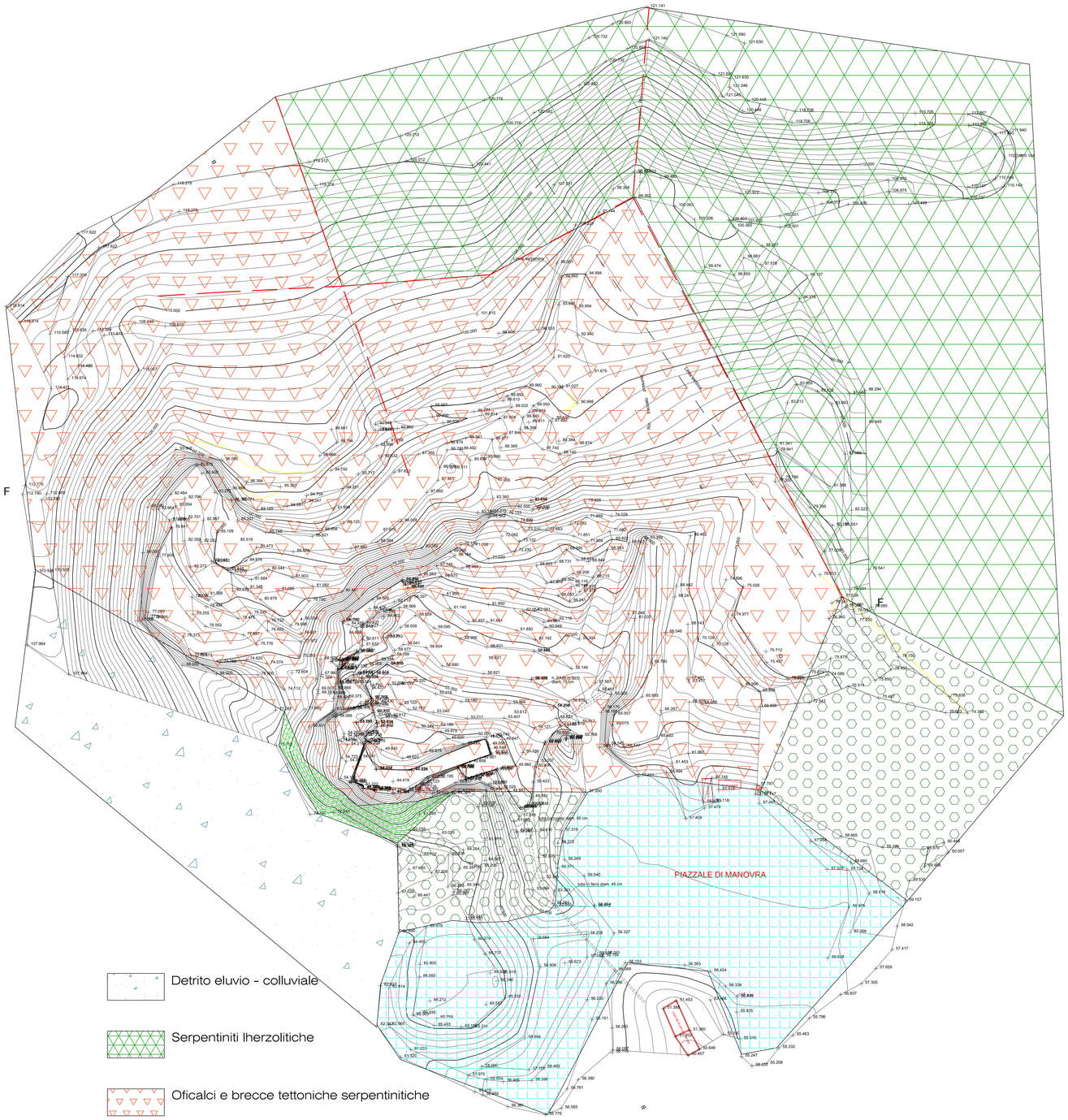
Relazione di analisi della pericolosità sismica di base del sito estrattivo

Genova, 9 ottobre 2019

I tecnici incaricati







- Detrito eluvio - colluviale
- Serpentiniti lherzolitiche
- Oficalci e brecce tettoniche serpentinitiche
- Basalti
- Brecce a clasti prevalentemente basaltici
- Accumuli e colmate in detrito
- Faglie e contatti tettonici
- Punti di campionamento per minerali fibrosi

REGIONE LIGURIA

PROVINCIA DI LA SPEZIA

COMUNE DI BONASSOLA

Rinnovo dell'autorizzazione regionale e contestuale variante al piano di coltivazione della cava denominata " Pian della Valle "

Roberto Queirolo Srl

CARTA GEOLITOLOGICA

SCALA 1:500

DATA

PROGETTAZIONE:
STUDIO ASSOCIATO
DI GEOLOGIA ROSSI & DONATI

SEZIONE DI PROGETTO N. 1 – STATO DI FATTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.196465/9.589031
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2795.88 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1448.65 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2823.15 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1469.24 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.36	2.53	0.21
S.L.D.	50.0	0.45	2.51	0.24
S.L.V.	475.0	1.14	2.4	0.29
S.L.C.	975.0	1.47	2.39	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.54	0.2	0.011	0.0055
S.L.V.	1.368	0.29	0.0405	0.0202
S.L.C.	1.764	0.29	0.0522	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0405
Coefficiente azione sismica verticale	0.0202

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2774.73	1432.95
2	2774.84	1432.93
3	2776.25	1432.94
4	2777.22	1430.81
5	2777.26	1430.73
6	2777.26	1430.72
7	2777.27	1430.72
8	2778.28	1430.08
9	2779.0	1429.62
10	2779.29	1429.39
11	2779.71	1429.18
12	2780.3	1428.95
13	2780.73	1428.87
14	2781.32	1428.92
15	2782.14	1428.37
16	2782.33	1428.31
17	2782.47	1428.24
18	2783.29	1426.22
19	2783.35	1426.11
20	2784.21	1426.12
21	2784.36	1426.12
22	2784.57	1426.12
23	2785.37	1426.12
24	2785.94	1426.11
25	2786.39	1426.08
26	2787.01	1425.98
27	2787.4	1425.94
28	2787.68	1425.65
29	2788.42	1424.56
30	2789.36	1424.2
31	2789.42	1424.18
32	2789.43	1424.18
33	2789.44	1424.18
34	2790.44	1424.02
35	2791.16	1423.92
36	2791.46	1423.87
37	2791.88	1423.81
38	2792.47	1423.74
39	2792.89	1423.68
40	2793.49	1423.75
41	2794.31	1423.87
42	2794.5	1423.88
43	2794.63	1423.91
44	2795.43	1423.9
45	2795.51	1423.91
46	2796.37	1424.46
47	2796.53	1424.4
48	2796.75	1424.39
49	2797.54	1424.23
50	2798.11	1424.31
51	2798.55	1424.36
52	2799.18	1424.37
53	2799.57	1424.39
54	2799.84	1424.41
55	2800.58	1424.56
56	2801.5	1425.97
57	2801.58	1426.11
58	2801.6	1426.13
59	2801.62	1426.13
60	2802.61	1426.44
61	2803.32	1425.99
62	2803.62	1426.02
63	2804.05	1426.06
64	2804.64	1425.43
65	2805.06	1424.55
66	2805.65	1423.38
67	2806.48	1421.35
68	2806.67	1421.27
69	2806.79	1421.27
70	2807.57	1421.25
71	2807.68	1421.25
72	2808.53	1421.23
73	2808.69	1421.24
74	2808.92	1421.54
75	2809.71	1421.77
76	2810.27	1422.19
77	2810.72	1422.22
78	2811.35	1422.21
79	2811.73	1422.37
80	2812.01	1422.2
81	2812.75	1421.97
82	2813.64	1421.6
83	2813.74	1421.55
84	2813.76	1421.54
85	2813.79	1421.55
86	2814.78	1421.7
87	2815.48	1421.5
88	2815.79	1421.6
89	2816.22	1421.36
90	2816.8	1421.28
91	2817.22	1421.29
92	2817.82	1421.27
93	2818.66	1421.25
94	2818.83	1421.25
95	2818.96	1421.25
96	2819.71	1421.26
97	2819.85	1421.26
98	2820.69	1421.26
99	2820.86	1421.26
100	2821.09	1421.27
101	2821.87	1421.27
102	2822.43	1421.3
103	2822.89	1421.31
104	2823.52	1421.31
105	2823.9	1421.31
106	2824.17	1421.31
107	2824.91	1421.31
108	2825.78	1421.31
109	2825.91	1421.31
110	2825.93	1421.31
111	2825.96	1421.31
112	2826.94	1421.37
113	2827.64	1421.43
114	2827.96	1421.44
115	2828.39	1421.43
116	2828.97	1421.42
117	2829.38	1421.43
118	2829.98	1421.46
119	2830.83	1421.44
120	2831.0	1421.43
121	2831.12	1422.16
122	2831.84	1421.42
123	2832.01	1421.42
124	2832.86	1426.5
125	2833.03	1426.37
126	2833.26	1427.52
127	2834.04	1427.54
128	2834.59	1427.55
129	2835.05	1427.6
130	2835.7	1427.83
131	2836.07	1427.99
132	2836.33	1432.32
133	2837.08	1434.77
134	2837.91	1443.79
135	2838.07	1445.64
136	2838.09	1446.03
137	2838.13	1446.23
138	2839.11	1448.37
139	2839.81	1450.17
140	2840.12	1450.48
141	2840.57	1450.8
142	2841.14	1451.25
143	2841.54	1451.58
144	2842.15	1451.79
145	2843.0	1452.31
146	2843.16	1452.33
147	2843.28	1452.37
148	2843.98	1452.13
149	2844.18	1452.06
150	2845.02	1452.58
151	2845.19	1452.64
152	2845.43	1452.76
153	2846.21	1453.13
154	2846.76	1453.17
155	2847.22	1453.47
156	2847.87	1453.76
157	2848.23	1454.0
158	2848.49	1454.23
159	2849.25	1454.99
160	2850.05	1455.46
161	2850.23	1455.56
162	2850.26	1455.58
163	2850.3	1455.58
164	2851.27	1455.56
165	2851.97	1455.53
166	2852.29	1455.54
167	2852.74	1455.54
168	2853.3	1455.56
169	2853.71	1455.54
170	2854.32	1455.51
171	2855.17	1455.59
172	2855.33	1455.59
173	2855.44	1455.66
174	2856.12	1456.11
175	2856.34	1456.25

176	2857.18	1457.08
177	2857.36	1457.21
178	2857.61	1457.39
179	2858.37	1457.76
180	2858.92	1458.14
181	2859.39	1458.49
182	2860.04	1458.92
183	2860.4	1459.18
184	2860.66	1459.3
185	2861.41	1459.59
186	2862.19	1460.17
187	2862.39	1460.34
188	2862.43	1460.36
189	2862.48	1460.39
190	2863.44	1460.98
191	2864.13	1460.94
192	2864.46	1460.82
193	2864.91	1460.73
194	2865.47	1460.43
195	2865.87	1459.91
196	2866.48	1459.27
197	2867.34	1458.79
198	2867.5	1458.73
199	2867.61	1458.75
200	2868.26	1458.84
201	2868.51	1458.88
202	2869.34	1458.93
203	2869.52	1458.95
204	2869.78	1458.96
205	2870.54	1459.04
206	2871.08	1459.23
207	2871.55	1459.37
208	2872.21	1460.1
209	2872.57	1460.57
210	2872.82	1460.75
211	2873.58	1461.36
212	2874.33	1461.89
213	2874.56	1462.05
214	2874.59	1462.07
215	2874.65	1462.12
216	2875.61	1462.96
217	2876.29	1463.89
218	2876.62	1464.08
219	2877.08	1464.25
220	2877.64	1464.67
221	2878.03	1464.62
222	2878.65	1465.12
223	2879.52	1465.99
224	2879.66	1466.08
225	2879.77	1466.11
226	2880.4	1466.13
227	2880.68	1466.15
228	2881.51	1466.83
229	2881.69	1466.88
230	2881.95	1466.98
231	2882.7	1467.07
232	2883.24	1467.4
233	2883.72	1467.64
234	2884.38	1467.8
235	2884.73	1467.95
236	2884.98	1468.0
237	2885.75	1468.18
238	2886.47	1468.57
239	2886.72	1468.74
240	2886.76	1468.75
241	2886.82	1468.75
242	2887.77	1468.87
243	2888.46	1469.02
244	2888.79	1469.05
245	2889.25	1469.33
246	2889.8	1469.48
247	2890.19	1470.08
248	2890.82	1470.33
249	2891.69	1471.7
250	2891.83	1471.85
251	2891.93	1471.86
252	2892.53	1471.69
253	2892.84	1471.63
254	2893.67	1471.8
255	2893.86	1471.82
256	2894.12	1471.82
257	2894.87	1471.82
258	2895.13	1471.81
259	2904.15	1476.19
260	2905.35	1477.3
261	2911.27	1483.63
262	2922.98	1490.25
263	2928.34	1490.41

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0 0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0 0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2600	0.603	0.707	-0.002	220		oficalci alterate

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.54
Ascissa centro superficie	2823.15 m
Ordinata centro superficie	1461.0 m
Raggio superficie	39.4 m

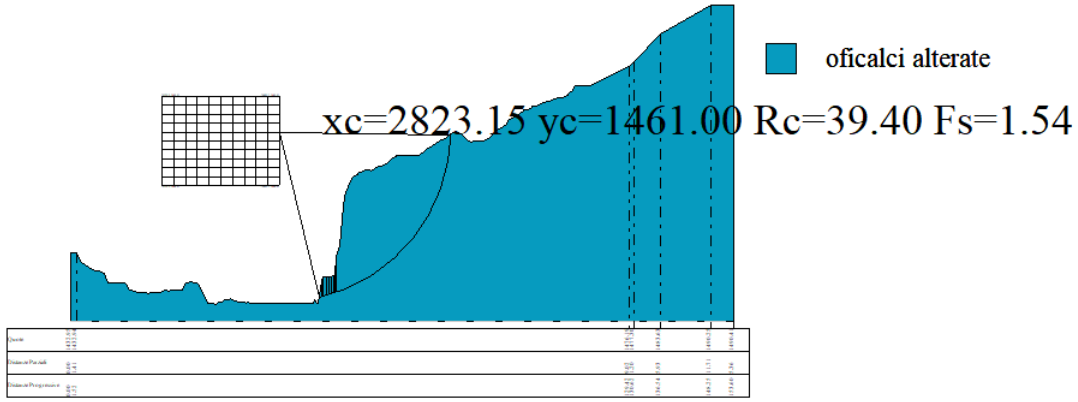
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

xc = 2823.148 yc = 1461.00 Rc = 39.402 Fs=1.541

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	0.64	14.6	0.66	3071.29	124.39	62.04	1.73	65.0	0.0	1195.8	7852.5
2	0.17	13.1	0.17	1584.05	64.15	32.0	1.89	62.3	0.0	979.8	2853.2
3	0.24	16.9	0.25	2504.18	101.42	50.58	1.92	61.9	0.0	1403.6	4169.7
4	0.78	14.7	0.8	9090.69	368.17	183.63	1.97	61.3	0.0	5683.1	14624.4
5	0.55	17.8	0.58	6239.5	252.7	126.04	1.94	61.7	0.0	3471.0	10062.7
6	0.46	16.9	0.48	5029.44	203.69	101.59	1.93	61.7	0.0	2860.9	8240.4
7	0.64	17.8	0.68	6982.4	282.79	141.04	1.92	61.8	0.0	3831.7	11443.9
8	0.37	19.0	0.39	4044.77	163.81	81.7	1.92	61.9	0.0	2136.9	6583.3
9	0.26	18.3	0.28	4351.63	176.24	87.9	2.12	59.7	0.0	2704.2	5983.2
10	26.22	54.4	45.01	599063.0	64762.04	32301.07	2.34	57.7	0.0	889588.9	2282183.0

Analisi di stabilità agli stati limite tipo SLV nelle condozioni di stato di fatto

Sezione di progetto n. 1 - Algoritmo di Janbu



SEZIONE DI PROGETTO n. 1 – STATO DI FINE SCAVO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.196465/9.589031
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2821.91 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1422.05 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2854.59 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1448.49 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.36	2.53	0.21
S.L.D.	50.0	0.45	2.51	0.24
S.L.V.	475.0	1.14	2.4	0.29
S.L.C.	975.0	1.47	2.39	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.54	0.2	0.011	0.0055
S.L.V.	1.368	0.29	0.0405	0.0202
S.L.C.	1.764	0.29	0.0522	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0405
Coefficiente azione sismica verticale	0.0202

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2776.25	1432.94
2	2777.27	1430.72
3	2778.28	1430.08
4	2779.0	1429.62
5	2779.29	1429.39
6	2780.3	1428.95
7	2780.73	1428.87
8	2781.32	1428.92
9	2782.14	1428.37
10	2782.47	1428.24
11	2783.35	1426.11
12	2784.57	1426.12
13	2785.01	1424.03
14	2788.65	1423.86
15	2790.56	1411.26
16	2793.35	1411.4
17	2793.82	1409.12
18	2794.68	1406.62
19	2819.48	1406.62
20	2823.59	1406.65
21	2832.14	1406.66
22	2844.36	1406.66
23	2865.69	1406.63
24	2866.67	1406.62
25	2867.24	1406.62
26	2867.43	1409.59
27	2868.17	1422.01
28	2869.59	1421.87
29	2870.95	1430.89
30	2871.37	1433.54
31	2875.1	1433.32
32	2877.09	1433.09
33	2878.09	1441.76
34	2878.78	1447.76
35	2884.4	1447.58
36	2885.6	1456.44
37	2886.31	1461.82
38	2892.05	1461.73
39	2892.35	1463.28
40	2894.38	1471.45
41	2898.21	1473.34
42	2904.15	1476.19
43	2905.35	1477.3
44	2906.93	1478.99
45	2911.27	1483.63
46	2922.98	1490.25
47	2928.34	1490.41

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0 0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0 0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2600	0.603	0.707	-0.002	220		oficalci alterate

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.83
Ascissa centro superficie	2854.59 m
Ordinata centro superficie	1448.49 m
Raggio superficie	36.7 m

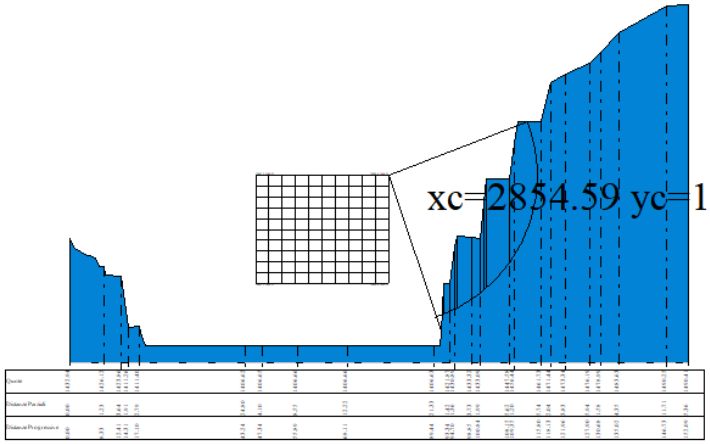
xc = 2854.59 yc = 1448.487 Rc = 36.697 Fs=1.834

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	0.69	80.2	4.04	3510.84	142.19	70.92	1.64	69.0	0.0	-19541.2	40691.0

2	1.42	23.1	1.5526808.38	1085.74	541.53	2.16	59.3	0.0	17110.0	30666.0
3	1.36	24.9	1.539224.58	1588.6	792.34	2.45	56.8	0.0	26820.6	39003.1
4	0.42	27.8	0.4818004.51	729.18	363.69	2.82	54.5	0.0	12842.7	16107.9
5	3.73	30.7	4.34160597.3	6504.19	3244.07	2.76	54.8	0.0	111782.9	146909.5
6	1.99	35.9	2.4574742.77	3027.08	1509.8	2.49	56.6	0.0	48186.5	75177.8
7	1.0	38.9	1.2845446.39	1840.58	918.02	2.6	55.8	0.0	30001.6	45218.1
8	0.69	40.5	0.9143527.28	1762.86	879.25	2.92	53.9	0.0	30630.3	40980.8
9	5.62	47.8	8.35351123.3	14220.5	7092.69	2.63	55.7	0.0	238256.9	383631.5
10	4.4	82.8	34.99357660.8	14485.26	7224.75	1.65	67.7	0.0	79523.7	2788136.0

Analisi di stabilità agli stati limite tipo SLV nelle condizioni di massimo scavo

Sezione di progetto n. 1 - Algoritmo di Janbu



SEZIONE DI PROGETTO n. 1 – RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.196465/9.589031
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2791.84 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1461.52 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2820.95 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1483.86 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.36	2.53	0.21
S.L.D.	50.0	0.45	2.51	0.24
S.L.V.	475.0	1.14	2.4	0.29
S.L.C.	975.0	1.47	2.39	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.54	0.2	0.011	0.0055
S.L.V.	1.368	0.29	0.0405	0.0202
S.L.C.	1.764	0.29	0.0522	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0405
Coefficiente azione sismica verticale	0.0202

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2776.25	1432.94
2	2776.25	1432.94
3	2782.26	1433.25
4	2789.23	1436.87
5	2811.75	1446.57
6	2814.76	1445.82
7	2815.87	1446.98
8	2838.5	1456.36
9	2841.84	1456.01
10	2842.81	1457.2
11	2858.01	1463.18
12	2866.07	1465.62
13	2867.75	1465.48
14	2868.31	1465.42
15	2869.79	1465.28
16	2870.1	1465.59
17	2870.81	1466.29
18	2887.94	1469.28
19	2893.84	1469.28
20	2894.38	1471.45
21	2898.21	1473.34
22	2904.15	1476.19
23	2906.93	1478.99
24	2911.27	1483.63
25	2922.98	1490.25
26	2928.34	1490.41

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	2776.25	1433.24
2	2776.84	1432.8
3	2783.41	1427.9
4	2787.98	1424.52
5	2794.24	1422.82
6	2810.49	1422.32
7	2833.34	1422.48
8	2858.22	1421.98
9	2868.03	1425.36
10	2871.75	1433.82
11	2875.48	1434.67
12	2878.36	1446.86
13	2879.88	1449.06
14	2884.96	1459.89
15	2885.97	1462.76
16	2891.05	1463.27
17	2893.08	1469.53

Vertici strato .....substrato roccioso

N	X (m)	y (m)
1	2776.25	1432.94
2	2777.27	1430.72
3	2778.28	1430.08
4	2779.0	1429.62
5	2779.29	1429.39
6	2780.3	1428.95
7	2780.73	1428.87
8	2781.32	1428.92
9	2782.14	1428.37
10	2782.47	1428.24
11	2783.35	1426.11
12	2784.57	1426.12
13	2785.01	1424.03
14	2788.65	1423.86
15	2790.56	1411.26
16	2793.35	1411.4
17	2793.82	1409.12
18	2794.68	1406.62
19	2819.48	1406.62
20	2823.59	1406.65
21	2832.14	1406.66
22	2844.36	1406.66
23	2865.69	1406.63
24	2866.67	1406.62
25	2867.24	1406.62
26	2867.43	1409.59
27	2868.17	1422.01
28	2869.59	1421.87
29	2870.95	1430.89
30	2871.37	1433.54
31	2875.1	1433.32
32	2877.09	1433.09
33	2878.09	1441.76
34	2878.78	1447.76
35	2884.4	1447.58
36	2885.6	1456.44
37	2886.31	1461.82
38	2892.05	1461.73
39	2892.35	1463.28
40	2894.38	1471.45
41	2898.21	1473.34
42	2904.15	1476.19
43	2905.35	1477.3
44	2906.93	1478.99
45	2911.27	1483.63
46	2922.98	1490.25
47	2928.34	1490.41

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0.05		33	1800.00	2000	terre e rocce da scao	
2	0.75		45	2500	2600	oficalci alterati	

Risultati analisi pendio

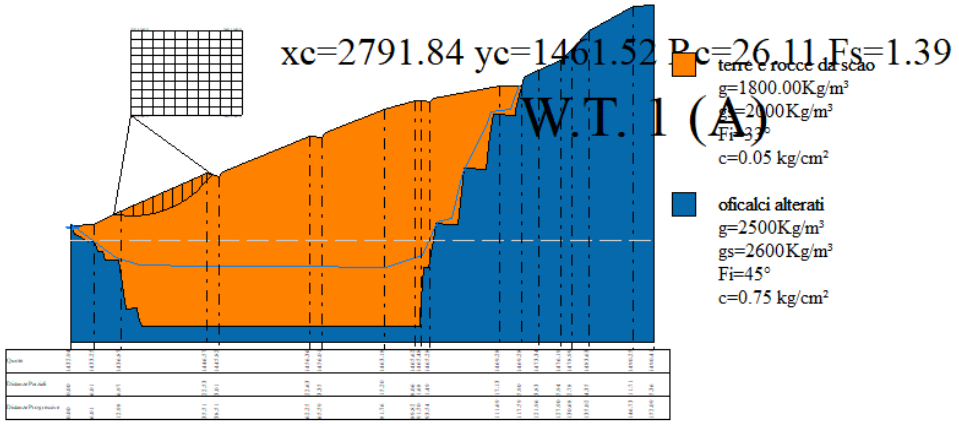
Fs minimo individuato	1.39
Ascissa centro superficie	2791.84 m
Ordinata centro superficie	1461.52 m
Raggio superficie	26.11 m

xc = 2791.844 yc = 1461.521 Rc = 26.108 Fs=1.388

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	2.01	-7.9	2.03	2427.17	98.3	49.03	0.05	33.0	0.0	2680.2	1668.6
2	3.15	-2.4	3.15	11920.11	482.76	240.79	0.05	33.0	0.0	12173.6	5695.4
3	2.58	4.0	2.59	15267.75	618.34	308.41	0.05	33.0	0.0	14841.6	6576.0
4	2.58	9.6	2.62	19034.99	770.92	384.51	0.05	33.0	0.0	17985.0	7904.8
5	2.58	15.7	2.68	21547.64	872.68	435.26	0.05	33.0	0.0	19968.1	8919.2
6	2.58	21.4	2.77	22621.73	916.18	456.96	0.05	33.0	0.0	20795.5	9595.4
7	2.58	27.7	2.91	22342.86	904.89	451.33	0.05	33.0	0.0	20567.9	10039.5
8	2.58	34.4	3.13	20224.36	819.09	408.53	0.05	33.0	0.0	18841.1	10034.6
9	2.58	41.7	3.45	16056.44	650.29	324.34	0.05	33.0	0.0	15275.5	9357.2
10	2.58	50.0	4.01	9049.6	366.51	182.8	0.05	33.0	0.0	8631.8	7097.8

Analisi di stabilità agli stati limite tipo SLV - nelle codizione di riqualificazione del sito estrattivo

Sezione di progetto n. 1 - Algoritmo di Janbu



SEZIONE DI PROGETTO N. 2 – STATO DI FATTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.196465/9.589031
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3090.61 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1812.09 m
Ascissa vertice destro superiore xs	3121.19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1834.42 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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: A
Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.36	2.53	0.21
S.L.D.	50.0	0.45	2.51	0.24
S.L.V.	475.0	1.14	2.4	0.29
S.L.C.	975.0	1.47	2.39	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.54	0.2	0.011	0.0055
S.L.V.	1.368	0.29	0.0405	0.0202
S.L.C.	1.764	0.29	0.0522	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0405
Coefficiente azione sismica verticale 0.0202

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	3078.43	1785.03
2	3078.81	1785.12
3	3079.44	1785.22
4	3080.27	1785.15
5	3080.45	1785.1
6	3080.58	1785.18
7	3081.46	1785.24
8	3081.49	1785.23
9	3082.35	1785.02
10	3082.47	1785.0
11	3082.63	1784.96
12	3083.48	1784.46
13	3084.11	1784.34
14	3084.49	1784.1
15	3084.99	1783.88
16	3085.5	1783.76
17	3085.88	1783.32
18	3086.51	1783.17
19	3087.35	1782.65
20	3087.52	1782.62
21	3087.65	1782.6
22	3088.52	1782.3
23	3088.53	1782.3
24	3089.41	1781.95
25	3089.54	1781.93
26	3089.71	1781.49
27	3090.55	1779.9
28	3091.18	1779.73
29	3091.56	1779.63
30	3092.07	1779.56
31	3092.57	1779.52
32	3092.95	1779.48
33	3093.58	1779.42
34	3094.43	1779.32
35	3094.59	1779.3
36	3094.71	1779.29
37	3095.56	1779.3
38	3095.6	1779.3
39	3096.48	1779.34
40	3096.61	1779.53
41	3096.79	1779.32
42	3097.62	1779.32
43	3098.25	1779.3
44	3098.63	1779.21
45	3099.15	1779.39
46	3099.64	1779.46
47	3100.01	1779.59
48	3100.65	1779.66
49	3101.51	1779.89
50	3101.66	1779.95
51	3101.78	1779.94
52	3102.59	1780.08
53	3102.67	1780.09
54	3103.55	1780.08
55	3103.68	1780.12
56	3103.87	1780.09
57	3104.69	1780.09
58	3105.31	1780.2
59	3105.7	1780.19
60	3106.23	1780.3
61	3106.71	1780.27
62	3107.08	1780.27
63	3107.72	1780.17
64	3108.59	1780.03
65	3108.73	1780.06
66	3108.85	1780.02
67	3109.62	1780.1
68	3109.74	1780.11
69	3110.61	1780.35
70	3110.76	1780.33
71	3110.95	1780.41
72	3111.77	1780.51
73	3112.38	1780.55
74	3112.78	1780.5
75	3113.31	1780.15
76	3113.79	1779.7
77	3114.15	1779.73
78	3114.8	1779.68
79	3115.67	1780.61
80	3115.81	1780.64
81	3115.91	1780.65
82	3116.65	1780.79
83	3116.82	1780.79
84	3117.68	1779.87
85	3117.83	1779.68
86	3118.03	1779.68
87	3118.84	1779.62
88	3119.45	1779.63
89	3119.85	1779.67
90	3120.39	1782.19
91	3120.86	1782.48
92	3121.21	1784.64
93	3121.87	1787.46
94	3122.74	1789.04
95	3122.88	1789.53
96	3122.98	1789.88
97	3123.68	1791.88
98	3123.89	1792.48
99	3124.75	1793.01
100	3124.9	1793.2
101	3125.1	1793.33
102	3125.91	1793.87
103	3126.51	1794.91
104	3126.92	1795.28
105	3127.46	1795.92
106	3127.93	1796.68
107	3128.28	1797.73
108	3128.94	1799.42
109	3129.82	1801.6
110	3129.95	1801.84
111	3130.05	1801.98
112	3130.71	1803.02

113	3130.96	1803.37
114	3131.81	1803.81
115	3131.97	1804.13
116	3132.18	1804.4
117	3132.98	1805.05
118	3133.58	1805.43
119	3133.99	1805.82
120	3134.54	1806.47
121	3135.0	1806.78
122	3135.35	1807.1
123	3136.01	1807.41
124	3136.9	1807.39
125	3137.02	1807.4
126	3137.11	1807.39
127	3137.74	1807.49
128	3138.03	1807.55
129	3138.88	1807.84
130	3139.04	1807.91
131	3139.26	1808.0
132	3140.05	1808.41
133	3140.65	1808.79
134	3141.06	1809.02
135	3141.62	1809.26
136	3142.07	1809.53
137	3142.41	1809.64
138	3143.08	1810.15
139	3143.98	1810.54
140	3144.09	1810.6
141	3144.18	1810.63
142	3144.77	1810.9
143	3145.1	1811.05
144	3145.95	1811.66
145	3146.11	1811.76
146	3146.34	1811.88
147	3147.13	1812.56
148	3147.71	1812.81
149	3148.14	1812.99
150	3148.7	1812.88
151	3149.15	1812.89
152	3149.48	1812.89
153	3150.16	1812.81
154	3151.06	1812.8
155	3151.17	1812.82
156	3151.25	1812.82
157	3151.8	1813.01
158	3152.18	1813.09
159	3153.01	1812.69
160	3153.19	1812.65
161	3153.42	1812.62
162	3154.2	1812.4
163	3154.78	1812.35
164	3155.21	1812.31
165	3155.78	1812.26
166	3156.22	1812.24
167	3156.55	1812.2
168	3157.23	1812.15
169	3158.14	1812.06
170	3158.24	1812.06
171	3158.31	1812.05
172	3158.83	1812.01
173	3159.25	1811.98
174	3160.08	1811.92
175	3160.26	1811.91
176	3160.5	1811.89
177	3161.27	1811.83
178	3161.85	1811.81
179	3162.28	1811.79
180	3162.86	1811.78
181	3163.29	1811.78
182	3163.61	1811.78
183	3164.3	1811.78
184	3165.22	1811.8
185	3165.31	1811.8
186	3165.38	1811.8
187	3165.86	1811.78
188	3166.32	1811.76
189	3167.15	1811.76
190	3167.33	1811.75
191	3167.58	1811.75
192	3168.34	1811.71
193	3168.91	1811.73
194	3169.35	1811.74
195	3169.94	1811.73
196	3170.36	1811.73
197	3170.68	1811.74
198	3171.37	1811.77
199	3172.3	1811.83
200	3172.38	1811.83
201	3172.45	1811.83
202	3172.89	1811.85
203	3173.39	1811.87
204	3174.21	1811.87
205	3174.4	1811.86
206	3174.66	1811.88
207	3175.41	1811.94
208	3175.98	1812.07
209	3176.42	1812.07
210	3177.02	1812.17
211	3177.43	1812.28
212	3177.75	1812.44
213	3178.44	1812.73
214	3179.38	1812.91
215	3179.45	1812.94
216	3179.51	1812.98
217	3179.92	1813.51
218	3180.46	1814.21
219	3181.28	1814.91
220	3181.47	1815.09
221	3181.74	1815.42
222	3182.48	1816.2
223	3183.05	1816.83
224	3183.49	1817.14
225	3184.1	1817.81
226	3184.51	1818.15
227	3184.81	1818.39
228	3185.52	1818.46
229	3186.45	1818.73
230	3186.53	1818.74
231	3186.58	1818.78
232	3186.95	1819.16
233	3187.54	1819.79
234	3188.35	1820.73
235	3188.55	1820.79
236	3188.81	1820.99
237	3189.56	1820.83
238	3190.11	1820.83
239	3190.57	1820.72
240	3191.17	1820.47
241	3191.58	1820.46
242	3191.88	1820.46
243	3192.59	1820.47
244	3193.53	1820.67
245	3193.6	1820.7
246	3193.65	1820.7
247	3193.98	1820.8
248	3194.61	1820.99
249	3195.41	1821.15
250	3195.62	1821.18
251	3195.89	1821.19
252	3196.63	1821.28
253	3197.18	1821.33
254	3197.64	1821.73
255	3198.25	1821.95
256	3198.65	1822.32
257	3198.95	1822.37
258	3199.66	1822.52
259	3200.61	1822.65
260	3200.67	1822.66
261	3201.01	1823.07
262	3201.68	1823.88
263	3202.48	1825.23
264	3202.69	1825.58
265	3204.25	1825.7
266	3205.33	1825.85
267	3206.73	1826.07
268	3221.02	1835.56
269	3224.63	1835.07
270	3227.85	1834.73
271	3229.1	1835.08
272	3229.38	1835.1
273	3240.66	1840.82
274	3244.46	1843.0
275	3249.2	1843.6

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2600	0.603	0.707	-0.002	220		Oficalci in condizioni alterate

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.9
Ascissa centro superficie	3119.66 m
Ordinata centro superficie	1813.21 m
Raggio superficie	30.4 m

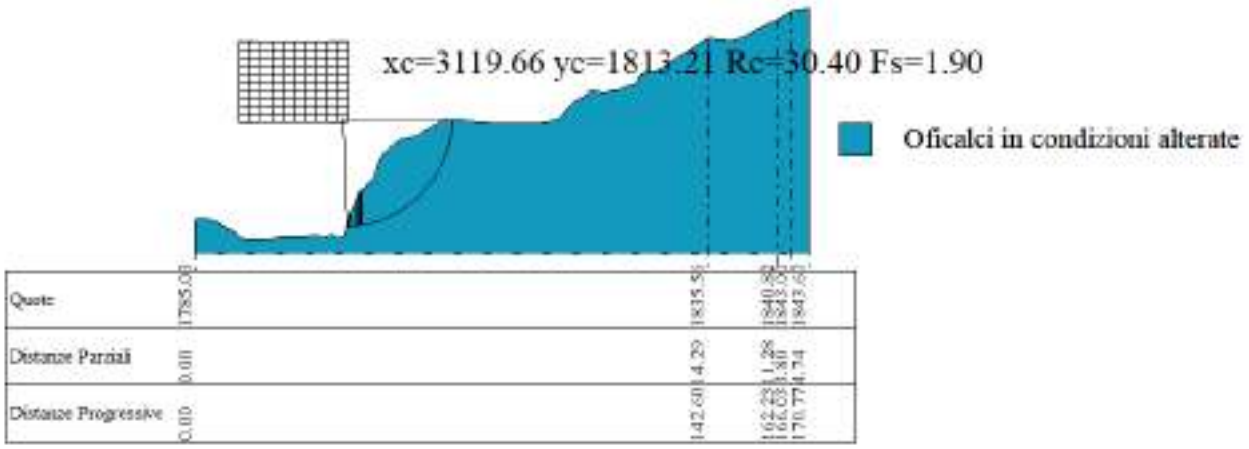
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

xc = 3119.662 yc = 1813.207 Rc = 30.40 Fs=1.902

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	0.35	44.8	0.49	666.12	26.98	13.46	1.65	68.1	0.0	-1235.4	3084.9
2	0.66	1.4	0.66	5453.46	220.87	110.16	1.87	62.6	0.0	5209.9	9771.3
3	0.88	5.4	0.88	12176.83	493.16	245.97	2.07	60.1	0.0	10710.3	16219.7
4	0.13	13.9	0.14	2188.51	88.63	44.21	2.14	59.5	0.0	1635.4	2579.1
5	0.1	9.4	0.1	1746.77	70.74	35.28	2.2	58.9	0.0	1435.8	2046.3
6	0.7	5.4	0.7	14236.78	576.59	287.58	2.32	57.8	0.0	12777.6	16091.8
7	0.21	4.5	0.21	5047.9	204.44	101.97	2.45	56.9	0.0	4642.0	5423.9
8	0.86	8.8	0.87	21356.16	864.92	431.39	2.48	56.7	0.0	18259.9	21821.1
9	0.15	18.0	0.16	3945.42	159.79	79.7	2.44	57.0	0.0	2942.7	3898.5
10	25.15	49.6	38.81	234527.0	49998.33	24937.44	2.34	57.7	0.0	792583.4	1460382.0

Analisi di stabilità agli stati limite tipo SLV nelle condizioni di stato di fatto

Sezione di progetto n. 2 - Algoritmo di Janbu



SEZIONE DI PROGETTO N. 2 – STATO DI FONDO SCAVO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.196465/9.589031
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3109.17 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1799.32 m
Ascissa vertice destro superiore xs	3150.33 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1823.63 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.36	2.53	0.21
S.L.D.	50.0	0.45	2.51	0.24
S.L.V.	475.0	1.14	2.4	0.29
S.L.C.	975.0	1.47	2.39	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.54	0.2	0.011	0.0055
S.L.V.	1.368	0.29	0.0405	0.0202
S.L.C.	1.764	0.29	0.0522	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0405
Coefficiente azione sismica verticale	0.0202

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	3078.43	1785.03
2	3078.81	1785.12
3	3079.44	1785.22
4	3080.27	1785.15
5	3080.45	1785.1
6	3080.58	1785.18
7	3081.46	1785.24
8	3082.35	1785.02
9	3082.63	1784.96
10	3083.48	1784.46
11	3084.11	1784.34
12	3084.49	1784.1
13	3084.99	1783.88
14	3085.5	1783.76
15	3085.88	1783.32
16	3086.51	1783.17
17	3087.35	1782.65
18	3087.65	1782.6
19	3089.41	1781.95
20	3089.54	1781.93
21	3089.71	1781.49
22	3090.55	1779.9
23	3091.56	1779.63
24	3095.36	1779.3
25	3096.03	1774.2
26	3096.37	1770.87
27	3098.06	1770.87
28	3098.24	1769.22
29	3099.15	1759.08
30	3101.35	1759.07
31	3101.99	1756.71
32	3102.04	1756.26
33	3112.65	1756.26
34	3112.89	1756.34
35	3113.7	1756.26
36	3128.77	1756.36
37	3159.54	1756.37
38	3159.73	1756.37
39	3160.07	1756.37
40	3160.29	1756.37
41	3160.92	1756.35
42	3162.15	1760.98
43	3162.65	1761.92
44	3170.19	1761.88
45	3171.46	1770.66
46	3172.86	1770.61
47	3173.65	1770.52
48	3175.55	1780.84
49	3178.52	1780.8
50	3181.54	1780.71
51	3182.32	1789.21
52	3183.3	1796.2
53	3190.42	1795.8
54	3190.57	1797.27
55	3192.22	1809.94
56	3192.41	1809.93
57	3192.64	1809.88
58	3196.32	1809.63
59	3197.68	1809.54
60	3200.61	1822.65
61	3200.67	1822.66
62	3201.68	1823.88
63	3202.69	1825.58
64	3204.71	1825.75
65	3206.73	1826.07
66	3221.02	1835.56
67	3224.63	1835.07
68	3227.85	1834.73
69	3229.1	1835.08
70	3229.38	1835.1
71	3240.66	1840.82
72	3244.46	1843.0
73	3249.2	1843.6

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0 0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0 0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2600	0.603	0.707	-0.002	220		oficalci alterate

Risultati analisi pendio

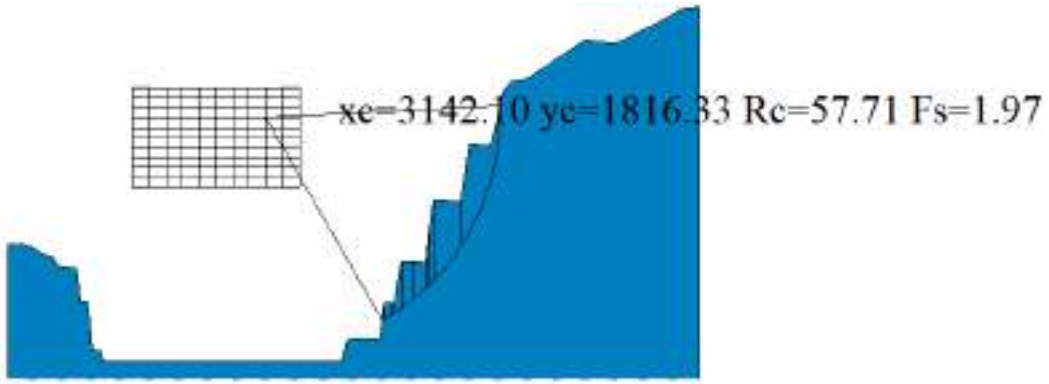
Fs minimo individuato	1.97
Ascissa centro superficie	3142.1 m
Ordinata centro superficie	1816.33 m
Raggio superficie	57.71 m

xc = 3142.10 yc = 1816.334 Rc = 57.708 Fs=1.968

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	0.62	19.9	0.66	3313.57	134.2	66.93	1.74	64.8	0.0	1335.5	6419.9
2	1.4	31.4	1.64	12967.23	525.17	261.94	1.81	63.5	0.0	4966.2	19634.2
3	0.78	32.3	0.93	5742.93	232.59	116.01	1.76	64.5	0.0	1568.7	9784.4
4	1.9	34.6	2.31	34784.8	1408.78	702.65	2.02	60.6	0.0	18844.5	41232.9
5	2.97	37.3	3.74	80612.04	3264.79	1628.36	2.2	58.8	0.0	48754.7	86774.9
6	3.02	41.0	4.06	2084.61	2514.43	1254.11	1.99	60.9	0.0	31820.1	76883.5
7	0.78	43.1	1.07	21100.29	854.56	426.23	2.1	59.8	0.0	11900.3	24875.5
8	0.98	45.3	1.39	44090.88	1785.68	890.64	2.4	57.2	0.0	29061.3	47271.0
9	7.12	51.2	11.37	297911.6	12065.42	6017.81	2.18	59.1	0.0	183648.8	374723.2
10	9.47	74.7	35.93	95666.3	16024.49	7992.46	1.69	66.2	0.0	124677.9	1425680.0

Analisi di stabilità agli stati limite tipo SLV nelle condizioni di massimo scavo

Sezioni di progetto n. 2 - Algoritmo di Janbu



SEZIONE DI PROGETTO N. 2 – RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.196465/9.589031
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3056.74 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1824.52 m
Ascissa vertice destro superiore xs	3096.26 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1843.92 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.36	2.53	0.21
S.L.D.	50.0	0.45	2.51	0.24
S.L.V.	475.0	1.14	2.4	0.29
S.L.C.	975.0	1.47	2.39	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.54	0.2	0.011	0.0055
S.L.V.	1.368	0.29	0.0405	0.0202
S.L.C.	1.764	0.29	0.0522	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.041
Coefficiente azione sismica verticale	0.02

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	3078.43	1785.03
2	3103.89	1799.09
3	3105.44	1798.62
4	3106.45	1798.52
5	3107.19	1798.84
6	3107.71	1799.24
7	3126.29	1807.33
8	3133.46	1806.91
9	3134.7	1807.74
10	3155.04	1812.84
11	3170.43	1815.4
12	3174.5	1815.0
13	3175.99	1815.99
14	3178.09	1816.54
15	3184.6	1818.09
16	3188.67	1819.24
17	3195.15	1820.59
18	3200.15	1820.59
19	3200.61	1822.65
20	3201.68	1823.88
21	3202.69	1825.58
22	3204.71	1825.75
23	3206.73	1826.07
24	3221.02	1835.56
25	3224.63	1835.07
26	3227.85	1834.73
27	3229.1	1835.08
28	3229.38	1835.1
29	3240.66	1840.82
30	3244.46	1843.0
31	3249.2	1843.6

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	3078.12	1785.09
2	3091.24	1783.98
3	3113.57	1783.42
4	3150.97	1785.09
5	3178.05	1785.65
6	3181.4	1795.7
7	3190.89	1808.82
8	3197.3	1814.68
9	3199.54	1821.38

Vertici strato .....substrato roccioso

N	X (m)	y (m)
1	3078.43	1785.03
2	3078.81	1785.12
3	3079.44	1785.22
4	3080.27	1785.15
5	3080.45	1785.1
6	3080.58	1785.18
7	3081.46	1785.24
8	3082.35	1785.02
9	3082.63	1784.96
10	3083.48	1784.46
11	3084.11	1784.34
12	3084.49	1784.1
13	3084.99	1783.88
14	3085.5	1783.76
15	3085.88	1783.32
16	3086.51	1783.17
17	3087.35	1782.65
18	3087.65	1782.6
19	3089.41	1781.95
20	3089.54	1781.93
21	3089.71	1781.49
22	3090.55	1779.9
23	3091.56	1779.63
24	3095.36	1779.3
25	3096.03	1774.2
26	3096.37	1770.87
27	3098.06	1770.87
28	3098.24	1769.22
29	3099.15	1759.08
30	3101.35	1759.07
31	3101.99	1756.71
32	3102.04	1756.26
33	3112.65	1756.26
34	3112.89	1756.34
35	3113.7	1756.26
36	3128.77	1756.36
37	3159.54	1756.37
38	3159.73	1756.37
39	3160.07	1756.37
40	3160.29	1756.37
41	3160.92	1756.35
42	3162.15	1760.98
43	3162.65	1761.92
44	3170.19	1761.88
45	3171.46	1770.66
46	3172.86	1770.61
47	3173.65	1770.52
48	3175.55	1780.84
49	3178.52	1780.8
50	3181.54	1780.71
51	3182.32	1789.21
52	3183.3	1796.2
53	3190.42	1795.8
54	3190.57	1797.27
55	3192.22	1809.94
56	3192.41	1809.93
57	3192.64	1809.88
58	3196.32	1809.63
59	3197.68	1809.54
60	3200.61	1822.65
61	3201.68	1823.88
62	3202.69	1825.58
63	3204.71	1825.75
64	3206.73	1826.07
65	3221.02	1835.56
66	3224.63	1835.07
67	3227.85	1834.73
68	3229.1	1835.08
69	3229.38	1835.1
70	3240.66	1840.82
71	3244.46	1843.0
72	3249.2	1843.6

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

==========

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0.05		33	1900	2000	terre e rocce da scavo	
2	0.75		45	2500	2600	oficalci alterate	

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	1.12
Ascissa centro superficie	3092.31 m
Ordinata centro superficie	1826.46 m
Raggio superficie	39.41 m

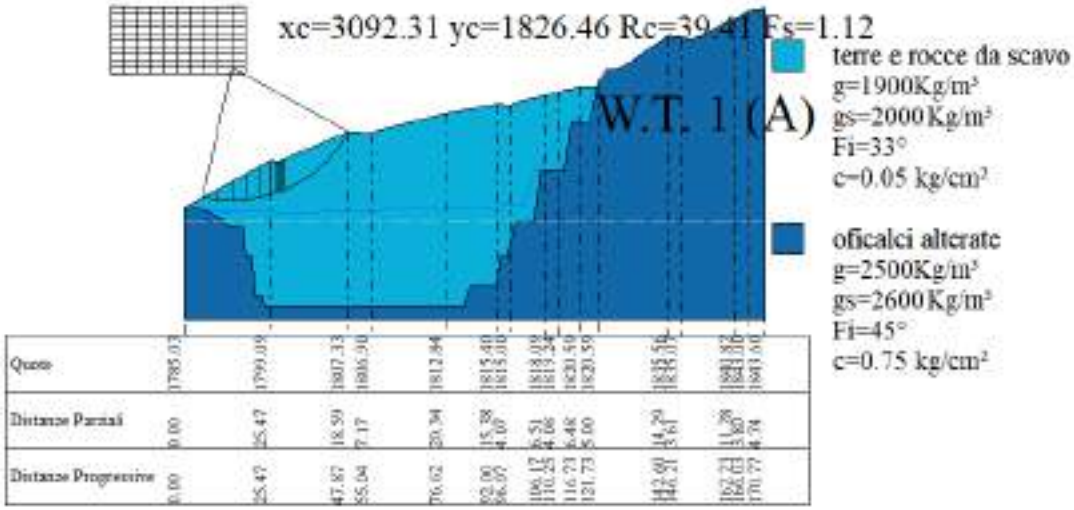
==========

xc = 3092.307 yc = 1826.461 Rc = 39.41 Fs=1.124

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	4.3	-9.4	4.35	13225.72	542.25	264.51	0.05	33.0	0.0	14864.1	8886.3
2	4.3	-3.0	4.33	36345.34	1490.16	726.91	0.05	33.0	0.0	37441.7	19638.8
3	4.3	3.4	4.35	58608.03	2279.93	1112.16	0.05	33.0	0.0	54069.6	27661.3
4	4.3	9.5	4.36	71009.8	2911.4	1420.2	0.05	33.0	0.0	66369.7	34021.1
5	2.93	14.8	3.03	55249.21	2265.22	1104.98	0.05	33.0	0.0	50434.1	26265.3
6	1.55	17.7	1.63	28913.68	1185.46	578.27	0.05	33.0	0.0	26143.4	13837.6
7	1.01	20.6	1.08	17406.35	713.66	348.13	0.05	33.0	0.0	15621.1	8455.0
8	0.74	22.0	0.8	12524.0	513.48	250.48	0.05	33.0	0.0	11208.6	6137.1
9	0.51	23.2	0.56	8755.42	358.97	175.11	0.05	33.0	0.0	7823.8	4320.1
10	19.03	42.0	25.59	269817.3	11062.51	5396.35	0.05	33.0	0.02	47327.3	172828.8

Analisi di stabilità agli stati limite tipo SLV nelle condizioni di riqualificazione ambientale del sito estrattivo

Sezione di progetto n. 2 - Algoritmo di Janbu



SEZIONE DI PROGETTO N. 5 – STATO DI FATTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.196465/9.589031
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2717.4 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1533.39 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2743.37 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1549.92 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.36	2.53	0.21
S.L.D.	50.0	0.45	2.51	0.24
S.L.V.	475.0	1.14	2.4	0.29
S.L.C.	975.0	1.47	2.39	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.54	0.2	0.011	0.0055
S.L.V.	1.368	0.29	0.0405	0.0202
S.L.C.	1.764	0.29	0.0522	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.041
Coefficiente azione sismica verticale	0.02

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2644.82	1535.97
2	2644.85	1535.97
3	2645.0	1535.96
4	2645.84	1535.88
5	2646.54	1535.82
6	2646.86	1535.77
7	2647.33	1535.82
8	2647.88	1535.75
9	2648.24	1535.73
10	2648.9	1535.75
11	2649.9	1535.54
12	2649.92	1535.54
13	2649.93	1535.53
14	2650.01	1535.52
15	2650.94	1535.24
16	2651.63	1534.82
17	2651.96	1534.76
18	2652.46	1534.44
19	2652.98	1534.41
20	2653.33	1534.4
21	2654.0	1534.22
22	2655.02	1533.31
23	2655.02	1533.31
24	2655.02	1533.31
25	2656.04	1532.99
26	2656.72	1532.69
27	2657.06	1532.58
28	2657.58	1532.52
29	2658.08	1532.5
30	2658.41	1532.61
31	2659.1	1532.64
32	2660.04	1532.8
33	2660.11	1532.81
34	2660.12	1532.82
35	2660.15	1532.82
36	2661.14	1533.2
37	2661.81	1533.05
38	2662.16	1532.9
39	2662.71	1532.7
40	2663.19	1532.54
41	2663.5	1532.46
42	2664.21	1532.63
43	2665.05	1532.16
44	2665.2	1532.08
45	2665.23	1532.07
46	2665.27	1532.04
47	2666.25	1531.72
48	2666.89	1531.63
49	2667.27	1531.63
50	2667.83	1531.43
51	2668.29	1531.3
52	2668.59	1531.23
53	2669.31	1531.17
54	2670.07	1531.09
55	2670.28	1531.05
56	2670.33	1531.05
57	2670.4	1531.06
58	2671.35	1531.51
59	2671.98	1531.16
60	2672.37	1531.26
61	2672.96	1531.26
62	2673.39	1531.3
63	2673.68	1531.3
64	2674.41	1531.19
65	2675.08	1530.98
66	2675.37	1530.9
67	2675.43	1530.88
68	2675.52	1530.88
69	2676.45	1530.9
70	2677.07	1530.91
71	2677.47	1530.75
72	2678.08	1530.67
73	2678.49	1530.49
74	2678.76	1530.58
75	2679.51	1530.49
76	2680.09	1530.44
77	2680.46	1530.43
78	2680.53	1530.43
79	2680.65	1530.42
80	2681.55	1530.29
81	2682.16	1530.22
82	2682.57	1530.17
83	2683.21	1530.06
84	2683.6	1530.0
85	2683.85	1529.98
86	2684.62	1529.97
87	2685.11	1530.17
88	2685.55	1530.33
89	2685.64	1530.31
90	2685.77	1530.29
91	2686.66	1529.94
92	2687.24	1529.74
93	2687.68	1529.78
94	2688.33	1529.79
95	2688.7	1529.84
96	2688.94	1529.87
97	2689.72	1529.93
98	2690.12	1530.08
99	2690.63	1530.27
100	2690.74	1530.3
101	2690.9	1530.35
102	2691.76	1530.7
103	2692.33	1531.18
104	2692.78	1531.52
105	2693.46	1532.07
106	2693.8	1532.37
107	2694.03	1532.44
108	2694.82	1532.51
109	2695.14	1532.46
110	2695.72	1532.37
111	2695.84	1532.42
112	2696.02	1532.32
113	2696.86	1532.25
114	2697.42	1531.9
115	2697.88	1531.69
116	2698.58	1531.72
117	2698.9	1531.69
118	2699.11	1531.71
119	2699.92	1531.55
120	2700.15	1531.74
121	2700.81	1532.32
122	2700.94	1532.29
123	2701.15	1532.29
124	2701.96	1531.61
125	2702.51	1531.21
126	2702.98	1530.93
127	2703.71	1530.47
128	2704.01	1530.34
129	2704.2	1530.28
130	2705.03	1529.7
131	2705.17	1529.62
132	2705.9	1529.31
133	2706.05	1529.18
134	2706.27	1528.97
135	2707.07	1528.04
136	2707.59	1527.68
137	2708.09	1527.39
138	2708.83	1526.94
139	2709.11	1526.93
140	2709.29	1526.63
141	2710.13	1526.0
142	2710.18	1525.97
143	2710.98	1525.5
144	2711.15	1525.54
145	2711.4	1525.37
146	2712.17	1525.04
147	2712.68	1524.89
148	2713.19	1524.86
149	2713.96	1524.63
150	2714.21	1524.57
151	2714.38	1524.5
152	2715.19	1524.2
153	2715.23	1524.19
154	2716.07	1524.22
155	2716.25	1524.24
156	2716.52	1524.2
157	2717.27	1523.98
158	2717.77	1524.08
159	2718.29	1523.86
160	2719.08	1522.8
161	2719.31	1522.7
162	2719.46	1522.53
163	2720.21	1521.79
164	2720.33	1521.7
165	2721.16	1521.29
166	2721.35	1521.16
167	2721.65	1520.79
168	2722.37	1520.61
169	2722.86	1520.2
170	2723.39	1520.01
171	2724.21	1519.04
172	2724.42	1518.91

173	2724.55	1518.76
174	2725.22	1509.52
175	2725.44	1506.91
176	2726.25	1501.87
177	2726.46	1501.8
178	2726.77	1501.74
179	2727.48	1501.5
180	2727.94	1507.03
181	2728.5	1505.69
182	2729.33	1513.56
183	2729.52	1513.56
184	2729.64	1513.9
185	2730.24	1513.55
186	2730.54	1512.83
187	2731.34	1515.26
188	2731.56	1517.46
189	2731.9	1517.1
190	2732.58	1514.11
191	2733.03	1516.78
192	2733.6	1519.07
193	2734.46	1519.77
194	2734.62	1519.87
195	2734.73	1519.9
196	2735.25	1521.34
197	2735.64	1522.18
198	2736.42	1522.51
199	2736.66	1523.08
200	2737.02	1523.19
201	2737.68	1523.09
202	2738.12	1522.82
203	2738.7	1522.9
204	2739.58	1523.46
205	2739.72	1523.53
206	2739.81	1523.63
207	2740.26	1523.78
208	2740.74	1524.17
209	2741.51	1524.69
210	2741.76	1524.38
211	2742.15	1524.69
212	2742.52	1525.0
213	2742.78	1525.22
214	2743.21	1525.73
215	2743.8	1525.95
216	2744.71	1526.61
217	2744.83	1526.78
218	2744.9	1526.79
219	2745.28	1527.81
220	2745.85	1529.04
221	2746.6	1528.79
222	2746.87	1529.45
223	2747.27	1529.35
224	2747.89	1529.13
225	2748.29	1528.99
226	2748.91	1528.81
227	2749.83	1528.77
228	2749.93	1528.76
229	2749.99	1528.78
230	2750.29	1528.86
231	2750.95	1529.05

232	2751.69	1529.41
233	2751.97	1529.64
234	2752.4	1529.83
235	2752.99	1530.06
236	2753.38	1530.08
237	2754.01	1530.24
238	2754.96	1530.16
239	2755.03	1530.15
240	2755.08	1530.15
241	2755.31	1530.09
242	2756.05	1529.84
243	2756.77	1529.36
244	2757.07	1529.3
245	2757.52	1529.34
246	2758.09	1529.42
247	2758.47	1529.41
248	2759.11	1529.37
249	2760.08	1529.16
250	2760.13	1529.17
251	2760.16	1529.17
252	2760.32	1529.28
253	2761.15	1529.75
254	2761.86	1530.1
255	2762.17	1530.22
256	2762.65	1530.85
257	2763.19	1531.13
258	2763.56	1531.35
259	2764.21	1531.84
260	2765.21	1532.87
261	2765.24	1532.9
262	2765.25	1532.92
263	2765.34	1532.97
264	2766.26	1533.51
265	2766.95	1533.61
266	2767.28	1533.77
267	2767.77	1534.09
268	2768.3	1534.64
269	2768.64	1534.79
270	2769.32	1535.08
271	2770.33	1536.06
272	2770.34	1536.07
273	2770.34	1536.07
274	2770.35	1536.08
275	2771.36	1537.06
276	2772.04	1536.88
277	2772.38	1536.87
278	2772.9	1536.85
279	2773.4	1537.09
280	2773.73	1536.75
281	2774.42	1537.21
282	2775.36	1536.98
283	2775.43	1536.96
284	2775.44	1536.95
285	2775.46	1536.96
286	2776.46	1537.09
287	2777.12	1537.23
288	2777.48	1537.3
289	2778.02	1537.48
290	2778.5	1537.72

291	2778.82	1537.76
292	2779.52	1538.03
293	2780.38	1538.53
294	2780.51	1538.61
295	2780.54	1538.62
296	2780.58	1538.62
297	2781.56	1537.83
298	2782.21	1537.86
299	2782.58	1537.8
300	2783.15	1537.77
301	2783.6	1537.79
302	2783.91	1537.81
303	2784.62	1537.79
304	2785.39	1537.84
305	2785.6	1537.86
306	2785.65	1537.86
307	2785.71	1537.86
308	2786.67	1537.9
309	2787.3	1537.94
310	2787.69	1537.97
311	2788.27	1538.02
312	2788.71	1538.15
313	2788.99	1538.31
314	2789.73	1538.45
315	2790.41	1538.82
316	2790.69	1538.99
317	2790.75	1539.0
318	2790.83	1539.08
319	2791.77	1539.88
320	2792.39	1540.69
321	2792.79	1540.86
322	2793.4	1541.05
323	2793.81	1541.31
324	2794.08	1541.36
325	2794.83	1542.13
326	2795.42	1542.59
327	2795.78	1542.9
328	2795.85	1542.96
329	2795.96	1543.06
330	2796.87	1543.62
331	2797.47	1543.93
332	2797.89	1544.08
333	2798.52	1544.28
334	2798.91	1544.38
335	2799.17	1544.39
336	2799.93	1544.52
337	2800.43	1544.61
338	2800.87	1544.69
339	2800.95	1544.72
340	2801.09	1544.73
341	2801.97	1545.07
342	2802.56	1544.88
343	2802.99	1544.83
344	2803.65	1544.79
345	2804.01	1544.79
346	2804.26	1544.73
347	2805.03	1545.05
348	2805.45	1544.99
349	2805.95	1544.9

350	2806.06	1544.9
351	2806.21	1544.76
352	2807.08	1544.13
353	2807.65	1543.63
354	2808.1	1543.21
355	2808.77	1543.12
356	2809.12	1543.03
357	2809.34	1543.07
358	2810.14	1543.1
359	2810.46	1543.12
360	2811.04	1543.16
361	2811.16	1543.17
362	2811.34	1543.18
363	2812.18	1543.22
364	2812.74	1543.24
365	2813.2	1543.23
366	2813.9	1543.24
367	2814.22	1543.25
368	2814.43	1543.26
369	2815.24	1543.3
370	2815.48	1543.31
371	2816.13	1543.33
372	2816.26	1543.33
373	2816.46	1543.33
374	2817.28	1543.34
375	2817.82	1543.37
376	2818.3	1543.39
377	2819.02	1543.35
378	2819.32	1543.35
379	2819.52	1543.36
380	2820.34	1543.4
381	2820.49	1543.4
382	2821.22	1543.42
383	2821.36	1543.43
384	2821.59	1543.44
385	2822.38	1543.48
386	2822.91	1543.49
387	2823.4	1543.49
388	2824.15	1543.51
389	2824.42	1543.51
390	2824.61	1543.51
391	2825.44	1543.47
392	2825.51	1543.47
393	2826.3	1543.46
394	2826.47	1543.46
395	2826.71	1543.51
396	2827.49	1543.71
397	2828.0	1543.61
398	2828.51	1543.63
399	2829.27	1543.54
400	2829.53	1543.53
401	2829.69	1543.57
402	2830.52	1543.8
403	2830.55	1543.8
404	2831.39	1543.91
405	2831.57	1543.92
406	2831.84	1543.95
407	2832.59	1543.97
408	2833.09	1544.0
409	2833.61	1544.25
410	2834.4	1544.04
411	2834.63	1544.05
412	2834.78	1544.08
413	2835.53	1544.15
414	2835.65	1544.18
415	2836.48	1544.77
416	2836.67	1544.59
417	2836.96	1544.51
418	2837.69	1544.05
419	2838.17	1544.12
420	2838.71	1544.0
421	2839.52	1544.03
422	2839.73	1544.04
423	2839.87	1544.03
424	2840.55	1543.8
425	2840.75	1543.73
426	2841.57	1543.74
427	2841.77	1543.65
428	2842.09	1543.62
429	2842.52	1543.15

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2600	0.603	0.707	-0.002	220		oficalci alterate

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2.37
Ascissa centro superficie	2735.58 m
Ordinata centro superficie	1533.39 m
Raggio superficie	32.31 m

==========

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.

xc = 2735.578 yc = 1533.387 Rc = 32.307 Fs=2.369

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	0.34	82.7	2.65	1221.27	50.07	24.43	1.64	69.1	0.0	-13396.1	23226.1
2	0.3	79.4	1.62	2433.35	99.77	48.67	1.64	68.9	0.0	-6248.5	19861.6
3	0.2	77.0	0.87	2151.05	88.19	43.02	1.64	68.5	0.0	-2513.3	12390.7
4	0.82	73.4	2.88	12549.66	514.54	250.99	1.65	67.8	0.0	-3107.8	48980.0
5	0.14	71.5	0.44	2552.76	104.66	51.06	1.66	67.2	0.0	95.7	8382.6
6	0.73	68.4	1.99	15144.19	620.91	302.88	1.68	66.3	0.0	3755.3	40284.9
7	0.15	66.8	0.38	3403.19	139.53	68.06	1.7	65.7	0.0	1193.6	8085.1
8	0.23	64.3	0.52	5288.58	216.83	105.77	1.73	65.0	0.0	2194.6	11083.3
9	0.8	63.7	1.81	9742.56	809.45	394.85	1.74	64.7	0.0	8872.7	39852.2
10	19.12	39.8	24.89	843169.0	34569.93	16863.38	2.54	56.2	0.0	634293.9	723451.7

Analisi di stabilità agli stati limite tipo SLV nelle condizioni di stato di fatto

Sezione di progetto n. 5 - Algoritmo di Janbu



SEZIONE DI PROGETTO N. 5 – STATO DI FONDO SCAVO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.196465/9.589031
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2724.99 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1523.8 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2757.29 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1541.24 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.36	2.53	0.21
S.L.D.	50.0	0.45	2.51	0.24
S.L.V.	475.0	1.14	2.4	0.29
S.L.C.	975.0	1.47	2.39	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.54	0.2	0.011	0.0055
S.L.V.	1.368	0.29	0.0405	0.0202
S.L.C.	1.764	0.29	0.0522	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0405
Coefficiente azione sismica verticale	0.0202

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2680.4	1530.36
2	2681.84	1526.57
3	2682.51	1525.27
4	2687.27	1524.96
5	2687.39	1524.96
6	2687.5	1523.95
7	2689.02	1512.17
8	2692.3	1512.07
9	2695.37	1512.17
10	2696.61	1501.55
11	2696.87	1501.02
12	2697.24	1498.86
13	2699.39	1498.98
14	2701.55	1499.03
15	2703.32	1486.3
16	2705.96	1486.38
17	2707.93	1480.82
18	2708.07	1480.55
19	2732.54	1480.6
20	2742.52	1480.62
21	2771.82	1480.67
22	2778.33	1480.67
23	2778.69	1482.38
24	2779.46	1488.39
25	2779.99	1488.36
26	2781.2	1495.22
27	2782.57	1495.2
28	2786.59	1494.98
29	2787.31	1502.01
30	2787.64	1504.81
31	2791.7	1504.71
32	2792.81	1504.67
33	2793.62	1518.84
34	2793.89	1523.87
35	2797.04	1523.75
36	2799.02	1523.45
37	2799.59	1531.34
38	2800.06	1537.69
39	2803.3	1537.52
40	2806.4	1537.31
41	2810.73	1540.44
42	2812.8	1541.73
43	2820.49	1542.27
44	2821.9	1542.26
45	2822.35	1542.29
46	2826.9	1543.04
47	2830.69	1543.65
48	2831.01	1543.7

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2600	0.603	0.707	-0.002	220		oficalci alterate

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.28
Ascissa centro superficie	2757.29 m
Ordinata centro superficie	1532.52 m
Raggio superficie	50.44 m

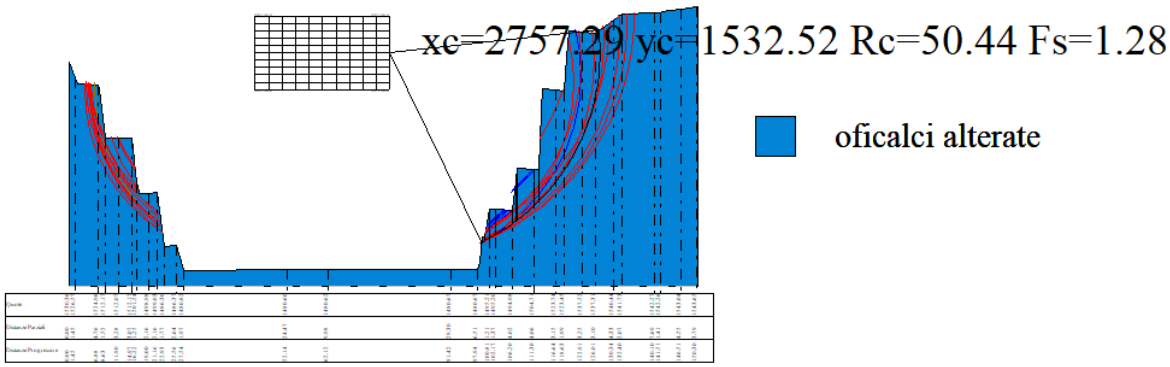
Numero di superfici esaminate....(37)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	2725.0	1523.8	40.7	2.40
2	2728.2	1523.8	42.7	2.56
3	2729.8	1524.7	43.4	25.00
4	2725.0	1525.5	40.4	2.65
5	2728.2	1525.5	43.3	2.65
6	2729.8	1526.4	44.6	2.80
7	2733.1	1526.4	44.9	3.27
8	2752.4	1526.4	44.9	8.00
9	2754.1	1525.5	44.1	6.48
10	2757.3	1525.5	44.1	2.08
11	2725.0	1527.3	40.3	3.08
12	2728.2	1527.3	43.1	3.03
13	2754.1	1527.3	45.7	6.33
14	2757.3	1527.3	45.7	8.18
15	2728.2	1529.0	43.2	3.26
16	2731.4	1529.0	46.1	3.46
17	2752.4	1529.9	48.1	7.36
18	2725.0	1530.8	40.5	4.16
19	2754.1	1530.8	48.8	2.32
20	2757.3	1530.8	48.9	1.66
21	2737.9	1532.5	50.4	4.51
22	2750.8	1532.5	50.5	8.97
23	2752.4	1533.4	51.4	6.94
24	2757.3	1532.5	50.4	1.28
25	2739.5	1535.1	52.8	5.25
26	2755.7	1535.1	52.9	1.30
27	2750.8	1536.0	53.6	8.30
28	2752.4	1536.9	54.3	4.44
29	2755.7	1536.9	48.3	8.12

30	2752.4	1538.6	56.0	4.60
31	2755.7	1538.6	49.8	8.35
32	2757.3	1537.8	55.1	1.29
33	2750.8	1539.5	50.5	3.11
34	2752.4	1540.4	57.4	1.40
35	2755.7	1540.4	51.1	6.53
36	2757.3	1539.5	56.7	1.30
37	2757.3	1541.2	58.3	1.32

Analisi di stabilità agli stati limite tipo SLV nelle condizioni di massimo scavo

Sezione di progetto n. 5 - Algoritmo di Janbu



SEZIONE DI PROGETTO N. 5 – RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.196465/9.589031
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2725.38 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1536.69 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2757.58 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1549.84 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.36	2.53	0.21
S.L.D.	50.0	0.45	2.51	0.24
S.L.V.	475.0	1.14	2.4	0.29
S.L.C.	975.0	1.47	2.39	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.432	0.2	0.0088	0.0044
S.L.D.	0.54	0.2	0.011	0.0055
S.L.V.	1.368	0.29	0.0405	0.0202
S.L.C.	1.764	0.29	0.0522	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0405
Coefficiente azione sismica verticale	0.0202

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2680.4	1530.36
2	2681.84	1526.57
3	2682.51	1525.27
4	2684.98	1525.64
5	2687.38	1525.8
6	2688.13	1525.99
7	2689.26	1526.18
8	2689.89	1526.33
9	2691.94	1526.8
10	2693.04	1526.97
11	2706.08	1526.66
12	2709.72	1527.18
13	2711.22	1527.12
14	2714.17	1527.51
15	2733.11	1530.63
16	2750.68	1530.65
17	2751.38	1530.85
18	2754.34	1532.05
19	2765.14	1533.0
20	2773.99	1534.69
21	2777.71	1536.03
22	2806.73	1542.26
23	2812.8	1541.73
24	2820.49	1542.27
25	2821.9	1542.26
26	2822.35	1542.29
27	2831.01	1543.7

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	2680.4	1525.51
2	2683.69	1525.36
3	2687.33	1525.19
4	2691.48	1513.59
5	2695.98	1512.55
6	2698.41	1500.09
7	2713.81	1498.7
8	2728.53	1496.97
9	2746.01	1496.97
10	2770.93	1496.28
11	2783.4	1496.8
12	2785.82	1504.07
13	2792.05	1505.28
14	2793.26	1523.8
15	2798.98	1523.97
16	2804.17	1538.17
17	2811.27	1541.63

Vertici strato .....Substrato roccioso

N	X (m)	y (m)
1	2680.4	1530.36
2	2681.84	1526.57
3	2682.51	1525.27
4	2687.27	1524.96
5	2687.39	1524.96
6	2687.5	1523.95
7	2689.02	1512.17
8	2692.3	1512.07
9	2695.37	1512.17
10	2696.61	1501.55
11	2696.87	1501.02
12	2697.24	1498.86
13	2699.39	1498.98
14	2701.55	1499.03
15	2703.32	1486.3
16	2705.96	1486.38
17	2707.93	1480.82
18	2708.07	1480.55
19	2732.54	1480.6
20	2742.52	1480.62
21	2771.82	1480.67
22	2778.33	1480.67
23	2778.69	1482.38
24	2779.46	1488.39
25	2779.99	1488.36
26	2781.2	1495.22
27	2782.57	1495.2
28	2786.59	1494.98
29	2787.31	1502.01
30	2787.64	1504.81
31	2791.7	1504.71
32	2792.81	1504.67
33	2793.62	1518.84
34	2793.89	1523.87
35	2797.04	1523.75
36	2799.02	1523.45
37	2799.59	1531.34
38	2800.06	1537.69
39	2803.3	1537.52
40	2806.4	1537.31
41	2810.73	1540.44
42	2812.8	1541.73
43	2820.49	1542.27
44	2821.9	1542.26
45	2822.35	1542.29
46	2826.9	1543.04
47	2830.69	1543.65
48	2831.01	1543.7

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0.05		33	1800	2000	terrre e rocce da scavo	
2	0.75		45	2500	2600	oficalci alterate	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2.9
Ascissa centro superficie	2751.14 m
Ordinata centro superficie	1536.69 m
Raggio superficie	6.27 m

Numero di superfici esaminate....(221)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	2725.4	1536.7	11.1	3.60
2	2727.0	1537.4	10.2	3.77
3	2728.6	1536.7	9.4	4.08
4	2730.2	1537.4	9.9	4.61
5	2731.8	1536.7	9.3	5.36
6	2733.4	1537.4	12.9	6.31
7	2735.0	1536.7	12.4	7.47
8	2736.7	1537.4	12.9	8.71
9	2738.3	1536.7	13.9	10.00
10	2739.9	1537.4	13.0	12.52
11	2741.5	1536.7	13.9	10.03
12	2743.1	1537.4	14.5	6.03
13	2744.7	1536.7	12.4	5.70
14	2746.3	1537.4	12.9	5.61
15	2747.9	1536.7	9.3	5.26
16	2749.5	1537.4	8.1	3.94
17	2751.1	1536.7	6.3	2.90
18	2752.8	1537.4	8.1	3.08
19	2754.4	1536.7	7.7	3.35
20	2756.0	1537.4	9.7	3.75
21	2757.6	1536.7	10.8	3.85
22	2725.4	1538.0	11.0	3.57
23	2727.0	1538.7	11.5	3.78
24	2728.6	1538.0	10.7	4.13
25	2730.2	1538.7	11.2	4.76
26	2731.8	1538.0	10.4	5.49
27	2733.4	1538.7	14.2	6.29

28	2735.0	1538.0	13.4	7.33
29	2736.7	1538.7	14.0	8.58
30	2738.3	1538.0	13.4	10.70
31	2739.9	1538.7	14.0	12.33
32	2741.5	1538.0	15.1	8.05
33	2743.1	1538.7	15.7	5.58
34	2744.7	1538.0	12.0	6.79
35	2746.3	1538.7	14.1	5.37
36	2747.9	1538.0	10.4	5.02
37	2749.5	1538.7	9.4	3.97
38	2751.1	1538.0	8.7	3.29
39	2752.8	1538.7	9.3	3.14
40	2754.4	1538.0	8.5	3.25
41	2756.0	1538.7	12.4	3.89
42	2757.6	1538.0	13.4	3.99
43	2725.4	1539.3	12.3	3.59
44	2727.0	1540.0	12.4	3.85
45	2728.6	1539.3	12.0	4.14
46	2730.2	1540.0	12.4	4.65
47	2731.8	1539.3	13.3	5.48
48	2733.4	1540.0	15.5	6.13
49	2735.0	1539.3	14.7	7.14
50	2736.7	1540.0	15.3	8.34
51	2738.3	1539.3	14.6	9.89
52	2739.9	1540.0	16.9	7.43
53	2741.5	1539.3	14.5	10.28
54	2743.1	1540.0	16.8	6.86
55	2744.7	1539.3	16.3	5.82
56	2746.3	1540.0	15.0	5.22
57	2747.9	1539.3	11.0	4.88
58	2749.5	1540.0	11.3	3.99
59	2751.1	1539.3	9.6	3.25
60	2752.8	1540.0	9.8	3.10
61	2754.4	1539.3	9.9	3.33
62	2756.0	1540.0	11.9	3.75
63	2757.6	1539.3	14.7	3.89
64	2725.4	1540.6	14.3	3.57
65	2727.0	1541.3	14.5	3.85
66	2728.6	1540.6	12.6	4.22
67	2730.2	1541.3	14.5	4.75
68	2731.8	1540.6	16.0	5.41
69	2733.4	1541.3	18.2	6.03
70	2735.0	1540.6	16.0	7.05
71	2736.7	1541.3	18.2	7.74
72	2738.3	1540.6	15.9	9.92
73	2739.9	1541.3	18.2	7.24
74	2741.5	1540.6	15.7	9.50
75	2743.1	1541.3	16.3	6.16
76	2744.7	1540.6	17.5	5.53
77	2746.3	1541.3	14.2	5.62
78	2747.9	1540.6	13.6	4.89
79	2749.5	1541.3	12.1	3.88
80	2751.1	1540.6	11.7	3.54
81	2752.8	1541.3	12.1	3.42
82	2754.4	1540.6	11.9	3.51
83	2756.0	1541.3	14.1	3.75
84	2757.6	1540.6	14.0	3.77
85	2725.4	1542.0	14.8	3.64
86	2727.0	1542.6	15.1	3.92

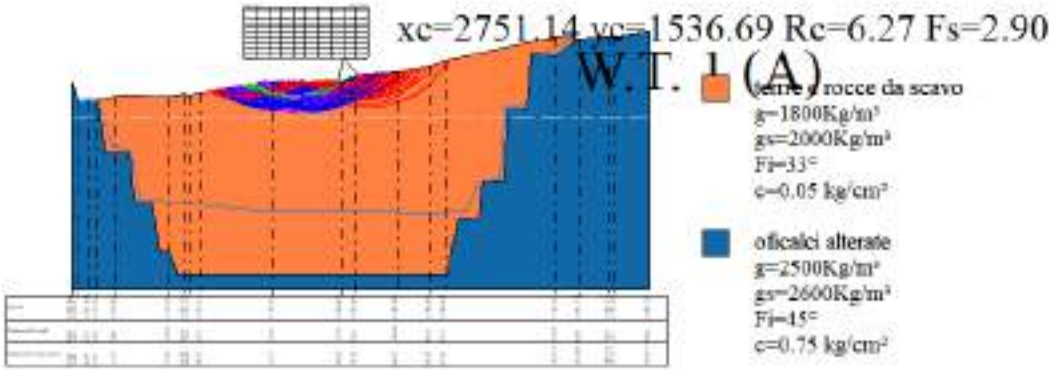
87	2728.6	1542.0	14.8	4.28
88	2730.2	1542.6	17.1	4.81
89	2731.8	1542.0	16.8	5.41
90	2733.4	1542.6	19.2	6.03
91	2735.0	1542.0	16.7	7.02
92	2736.7	1542.6	17.1	8.28
93	2738.3	1542.0	18.7	7.47
94	2739.9	1542.6	17.1	10.42
95	2741.5	1542.0	18.7	5.56
96	2743.1	1542.6	17.1	6.16
97	2744.7	1542.0	18.7	5.34
98	2746.3	1542.6	15.0	5.64
99	2747.9	1542.0	14.7	4.91
100	2749.5	1542.6	12.9	3.92
101	2751.1	1542.0	12.4	3.45
102	2752.8	1542.6	12.9	3.31
103	2754.4	1542.0	12.4	3.40
104	2756.0	1542.6	15.0	3.67
105	2757.6	1542.0	14.5	3.72
106	2725.4	1543.3	17.6	3.72
107	2727.0	1543.9	16.1	3.97
108	2728.6	1543.3	15.5	4.36
109	2730.2	1543.9	18.3	4.84
110	2731.8	1543.3	17.7	5.40
111	2733.4	1543.9	20.5	5.98
112	2735.0	1543.3	17.7	7.08
113	2736.7	1543.9	20.5	7.30
114	2738.3	1543.3	17.7	9.70
115	2739.9	1543.9	18.3	9.64
116	2741.5	1543.3	19.8	5.42
117	2743.1	1543.9	18.3	7.08
118	2744.7	1543.3	19.8	5.17
119	2746.3	1543.9	16.2	5.49
120	2747.9	1543.3	15.5	4.81
121	2749.5	1543.9	14.0	3.91
122	2751.1	1543.3	13.4	3.39
123	2752.8	1543.9	14.0	3.39
124	2754.4	1543.3	13.4	3.59
125	2756.0	1543.9	16.1	3.65
126	2757.6	1543.3	15.5	3.71
127	2725.4	1544.6	19.0	3.74
128	2727.0	1545.2	17.5	4.04
129	2728.6	1544.6	19.0	4.38
130	2730.2	1545.2	19.6	4.86
131	2731.8	1544.6	19.0	5.36
132	2733.4	1545.2	21.8	5.97
133	2735.0	1544.6	21.1	6.52
134	2736.7	1545.2	21.8	6.88
135	2738.3	1544.6	19.0	9.23
136	2739.9	1545.2	21.8	5.54
137	2741.5	1544.6	21.2	6.05
138	2743.1	1545.2	19.7	6.67
139	2744.7	1544.6	21.2	5.94
140	2746.3	1545.2	17.5	5.38
141	2747.9	1544.6	16.8	4.78
142	2749.5	1545.2	15.2	3.97
143	2751.1	1544.6	14.7	3.47
144	2752.8	1545.2	15.1	3.43
145	2754.4	1544.6	14.7	3.61

146	2756.0	1545.2	17.2	3.68
147	2757.6	1544.6	16.6	3.65
148	2725.4	1545.9	20.3	3.74
149	2727.0	1546.6	20.8	4.06
150	2728.6	1545.9	20.3	4.42
151	2730.2	1546.6	20.7	4.88
152	2731.8	1545.9	22.5	5.39
153	2733.4	1546.6	20.6	6.16
154	2735.0	1545.9	20.2	6.92
155	2736.7	1546.6	22.9	6.56
156	2738.3	1545.9	20.2	9.33
157	2739.9	1546.6	22.9	5.45
158	2741.5	1545.9	22.4	6.17
159	2743.1	1546.6	20.5	6.77
160	2744.7	1545.9	20.1	5.87
161	2746.3	1546.6	20.4	5.48
162	2747.9	1545.9	17.7	4.72
163	2749.5	1546.6	17.9	4.17
164	2751.1	1545.9	15.3	3.47
165	2752.8	1546.6	17.8	3.71
166	2754.4	1545.9	17.5	3.75
167	2756.0	1546.6	17.7	3.66
168	2757.6	1545.9	19.8	3.62
169	2725.4	1547.2	21.2	3.80
170	2727.0	1547.9	21.5	4.08
171	2728.6	1547.2	21.1	4.45
172	2730.2	1547.9	21.5	4.93
173	2731.8	1547.2	21.1	5.47
174	2733.4	1547.9	24.0	5.92
175	2735.0	1547.2	21.0	7.05
176	2736.7	1547.9	24.0	6.40
177	2738.3	1547.2	23.5	6.23
178	2739.9	1547.9	24.0	5.41
179	2741.5	1547.2	23.4	6.07
180	2743.1	1547.9	23.9	5.26
181	2744.7	1547.2	23.4	5.84
182	2746.3	1547.9	24.0	5.25
183	2747.9	1547.2	18.2	4.67
184	2749.5	1547.9	18.8	4.11
185	2751.1	1547.2	18.2	3.82
186	2752.8	1547.9	18.9	3.74
187	2754.4	1547.2	18.3	3.69
188	2756.0	1547.9	21.5	3.69
189	2757.6	1547.2	23.4	3.53
190	2725.4	1548.5	22.0	3.81
191	2727.0	1549.2	22.3	4.10
192	2728.6	1548.5	21.9	4.45
193	2730.2	1549.2	22.4	4.94
194	2731.8	1548.5	24.6	5.39
195	2733.4	1549.2	25.2	5.93
196	2735.0	1548.5	24.5	6.48
197	2736.7	1549.2	22.5	8.24
198	2738.3	1548.5	21.9	9.75
199	2739.9	1549.2	22.6	8.89
200	2741.5	1548.5	21.9	7.26
201	2743.1	1549.2	25.3	5.10
202	2744.7	1548.5	22.0	5.80
203	2746.3	1549.2	25.3	5.17
204	2747.9	1548.5	19.4	4.68

205	2749.5	1549.2	20.1	4.14
206	2751.1	1548.5	19.5	3.83
207	2752.8	1549.2	20.2	3.77
208	2754.4	1548.5	19.6	3.71
209	2756.0	1549.2	20.3	3.67
210	2757.6	1548.5	24.7	3.43
211	2725.4	1549.8	23.0	3.83
212	2728.6	1549.8	23.0	4.54
213	2731.8	1549.8	25.8	5.39
214	2735.0	1549.8	25.9	6.22
215	2738.3	1549.8	23.2	9.75
216	2741.5	1549.8	23.2	6.74
217	2744.7	1549.8	23.3	5.69
218	2747.9	1549.8	20.7	4.65
219	2751.1	1549.8	20.8	3.87
220	2754.4	1549.8	20.9	3.73
221	2757.6	1549.8	23.5	3.48

Analisi di stabilità agli stati limite tipo SLV nelle condizioni di stato di fatto

Sezione di progetto n. 5 - Algoritmo di Janbu



Studio di
dott. Gui
C.F.CRR

Studio di Geologia Tecnica **dott. Guido Carieri** **C.FISC: CRRGDU68A04D969R** **P.IVA: 01211680093**	**Via: via dei Gerani, 13** **17054 Boissano - SV** **Email: studiocarieri@gmail.com** **Web: www.carieri.com**

	Data: aprile 2019
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista

Pericolosità sismica di base

1 PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la ***pericolosità sismica di base*** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

2 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:
$\mathbf{V_R}$ = periodo di riferimento
$\mathbf{V_N}$ = vita nominale
$\mathbf{C_U}$ = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N, secondo le NTC 2018, è definita 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 e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico $\mathbf{V_N = 50}$ **anni**.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;
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. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $\mathbf{C_U = 1}$.

Ricavati i valori di V_N e C_U, è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R, che qui vale:
$\mathbf{V_R = 50 * 1 = 50}$ **anni**.

3 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno** (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita** (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso** (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di $\mathbf{a_g}$ prefissata ($\mathbf{a_g}$ = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ ($\mathbf{T_R}$ = periodo di ritorno).

Tabella 3.1- *Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento* V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$\mathbf{P_{VR} = 81\%}$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$\mathbf{P_{VR} = 63\%}$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$\mathbf{P_{VR} = 10\%}$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$\mathbf{P_{VR} = 5\%}$

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R, espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $\mathbf{V_R = 50}$ **anni**, il tempo di ritorno T_R sarà:

Tabella 3.2- *Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR*

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$\mathbf{T_R = 30}$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$\mathbf{T_R = 50}$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$\mathbf{T_R = 475}$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$\mathbf{T_R = 975}$

4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV http://esse1-gis.mi.ingv.it/, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

$\mathbf{a_g}$ = accelerazione orizzontale massima;
$\mathbf{F_0}$ = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
$\mathbf{T_C^*}$ = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:
$\mathbf{a_g}$, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e **T_C^*** i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Tabella 4.1- *Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.*

			$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
ID	**LON**	**LAT**	a_g	F_0	T^*_c	a_g	F_0	T^*_c	a_g	F_0	T^*_c	a_g	F_0	T^*_c
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale *p* è il valore del parametro di interesse (a_g, F_O, T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_{1,\,2}$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1,\,2}$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell'i-esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo vertice della suddetta maglia.

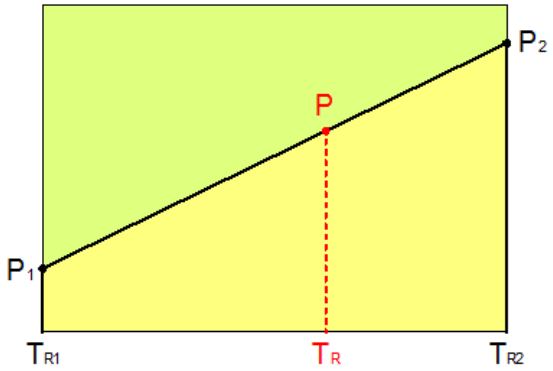


Figura 4.1 - *Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica,in accordo alla procedura delle NTC08.*

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

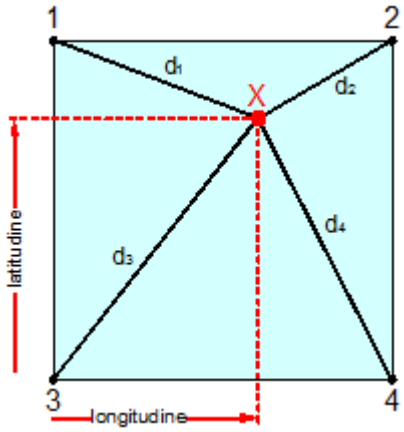


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos\left[\sin(lat\beta) \cdot \sin(lat\alpha) + \cos(lat\beta) \cdot \cos(lat\alpha) \cdot \cos(lon\alpha - lon\beta)\right] \quad (4.3)$$

dove R = 6371 è il raggio medio terrestre in km, mentre latα, lonα, latβ e lonβ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di ±0,01g ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

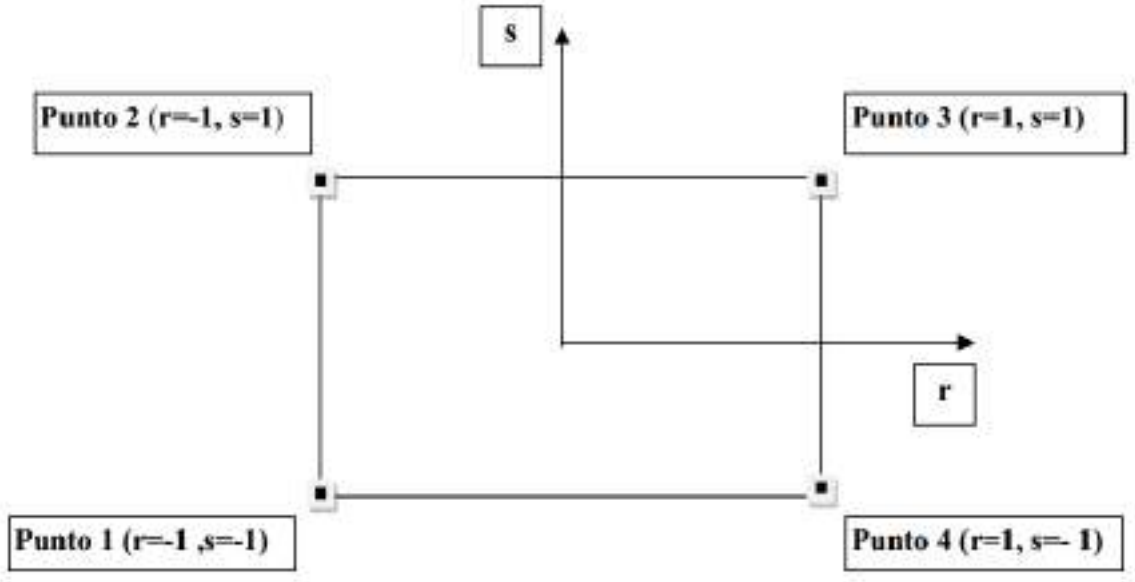


Figura 4.3 - *Applicazione dell'interpolazione bilineare.*

Definiti i 4vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1 - r)\cdot(1 - s)/4 \quad (4.4)$$
$$h_2 = (1 - r)\cdot(1 + s)/4 \quad (4.5)$$
$$h_3 = (1 + r)\cdot(1 + s)/4 \quad (4.6)$$
$$h_4 = (1 + r)\cdot(1 - s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot x_i = [(1-r)\cdot(1-s)\cdot x_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot x_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot x_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot y_i = [(1-r)\cdot(1-s)\cdot y_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot y_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot y_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri a_g, F_0, T_c^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot p_i = [(1-r)\cdot(1-s)\cdot p_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot p_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot p_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove *p* rappresenta il parametro cercato.

5 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

5.1 Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R 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 V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.2 Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

I valori di β_S sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1- *Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.*

	Categoria di sottosuolo	
	A	**B, C, D, E**
	β_s	**β_s**
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq Ss \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g. S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: $S_T = 1.0$; **T2**: $S_T = 1.20$; **T3:** $S_T = 1.20$; **T4:** $S_T = 1.40$.

5.3 Fronti scavo e rilevati

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come

$$F_h = k_h \cdot W \text{ ed } F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)
$\beta s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

5.4 Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti k_h e k_V sono così determinati:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.6)$$

Con:

$\boldsymbol{\beta_m}$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati di seguito.

$\boldsymbol{\beta_m}$ = 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\boldsymbol{\beta_m}$ = 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

I valori del coefficiente β_m possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di in Figura 5.2.

$\boldsymbol{a_{max}}$ 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.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica Ss e di amplificazione topografica S_T.
$\boldsymbol{a_g}$ accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

5.5 Paratie

In mancanza di studi specifici, a_h (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad (5.8)$$

dove:
g è l'accelerazione di gravità;
$\boldsymbol{k_h}$ è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;
$\boldsymbol{\alpha \leq 1}$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva **H** della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma in Figura 5.1:

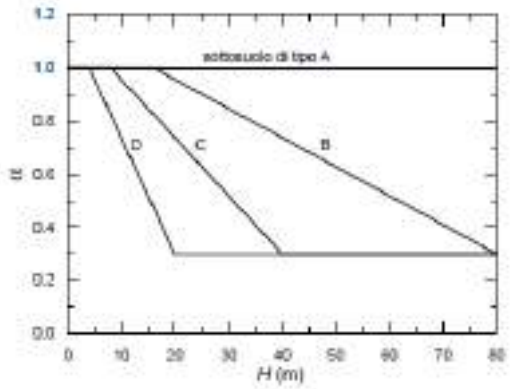


Figura 5.1 - *Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α.*

Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente Vs.Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.
Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 5.2, in funzione del massimo spostamento u_S che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_S = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \le 0.005 \cdot H$

Se $\alpha \cdot \beta \le 0.2$ deve assumersi $k_h = 0.2 \cdot a_{max}/g$

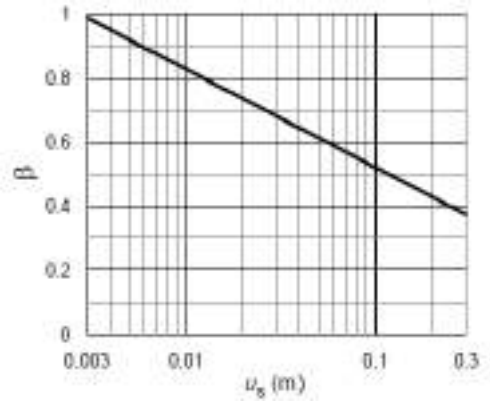


Figura 5.2 - *Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β.*

L'accelerazione di picco a_{max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.9)$$

dove:

S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

STORIA SISMICA DEL SITO

Mappa sismogenetica

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Data: 11/04/2019



Vita nominale (Vn):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (Cu):	1	
Periodo di riferimento (Vr):	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	44,2318726	[°]
Longitudine (WGS84):	9,5819979	[°]
Latitudine (ED50):	44,2328339	[°]

Longitudine (ED50): 9,5830259 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	17815	44,220370	9,583712	1387,05
2	17816	44,222650	9,653347	5716,41
3	17594	44,272600	9,650190	6940,23
4	17593	44,270320	9,580491	4173,11

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,038	2,521	0,212
SLD	50	0,047	2,497	0,240
	72	0,054	2,526	0,251
	101	0,062	2,544	0,265
	140	0,070	2,527	0,273
	201	0,081	2,522	0,279
SLV	475	0,118	2,394	0,288
SLC	975	0,153	2,394	0,291
	2475	0,207	2,387	0,299

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,040	2,521	0,215
SLD	50	0,051	2,496	0,243
	72	0,058	2,523	0,256
	101	0,067	2,515	0,266
	140	0,076	2,519	0,272
	201	0,088	2,472	0,279
SLV	475	0,126	2,394	0,288
SLC	975	0,162	2,378	0,296
	2475	0,218	2,387	0,310

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,473	0,227
SLD	50	0,055	2,480	0,245

	72	0,064	2,489	0,258
	101	0,073	2,480	0,265
	140	0,083	2,490	0,271
	201	0,098	2,444	0,276
SLV	475	0,135	2,427	0,288
SLC	975	0,176	2,367	0,296
	2475	0,234	2,372	0,313

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,040	2,510	0,215
SLD	50	0,051	2,483	0,241
	72	0,059	2,510	0,256
	101	0,068	2,499	0,264
	140	0,077	2,506	0,271
	201	0,090	2,448	0,277
SLV	475	0,128	2,393	0,286
SLC	975	0,164	2,375	0,294
	2475	0,221	2,395	0,299

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,039	2,513	0,215
SLD	50	0,049	2,492	0,241
SLV	475	0,123	2,398	0,287
SLC	975	0,159	2,385	0,293

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2): 1,000
Categoria sottosuolo: A
Categoria topografica:
T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

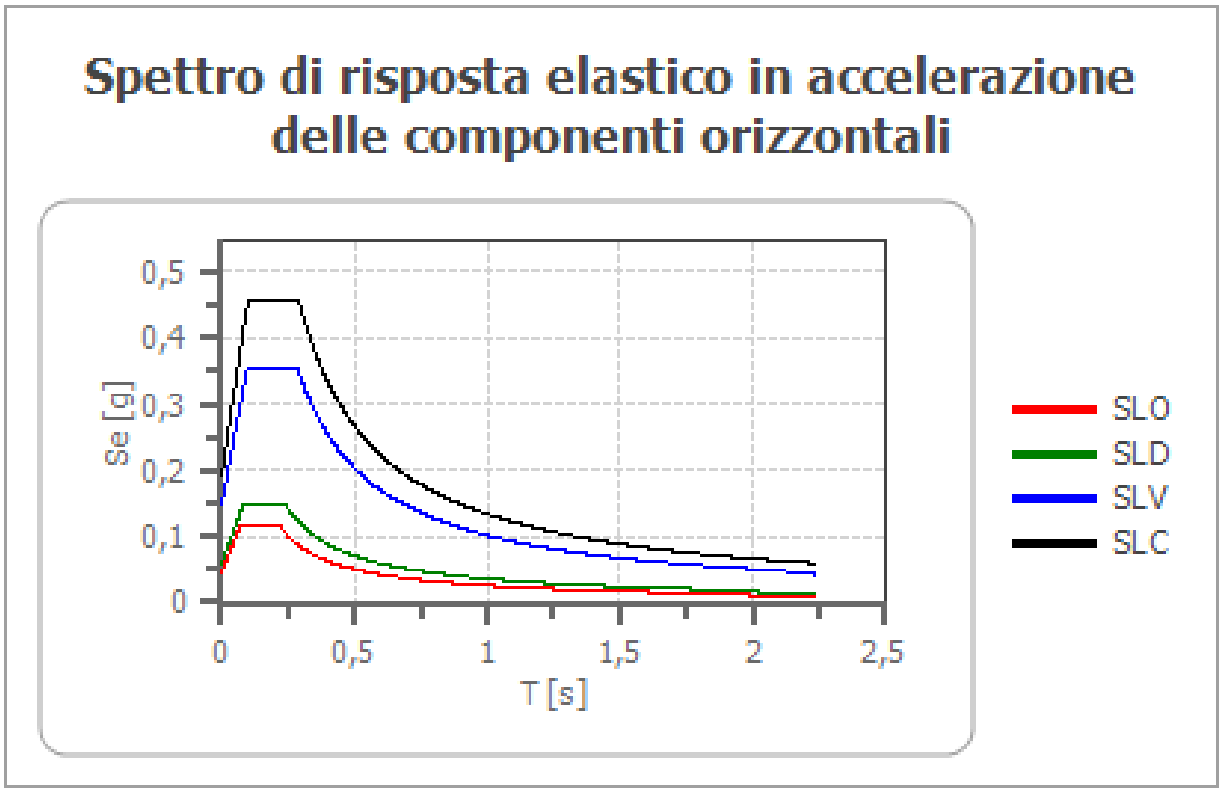
Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,009	0,012	0,040	0,052
kv	0,005	0,006	0,020	0,026
amax [m/s²]	0,459	0,579	1,446	1,872
Beta	0,200	0,200	0,270	0,270

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,028	0,056	--
kv	--	0,014	0,028	--
amax [m/s²]	0,459	0,579	1,446	1,872
Beta	--	0,470	0,380	--

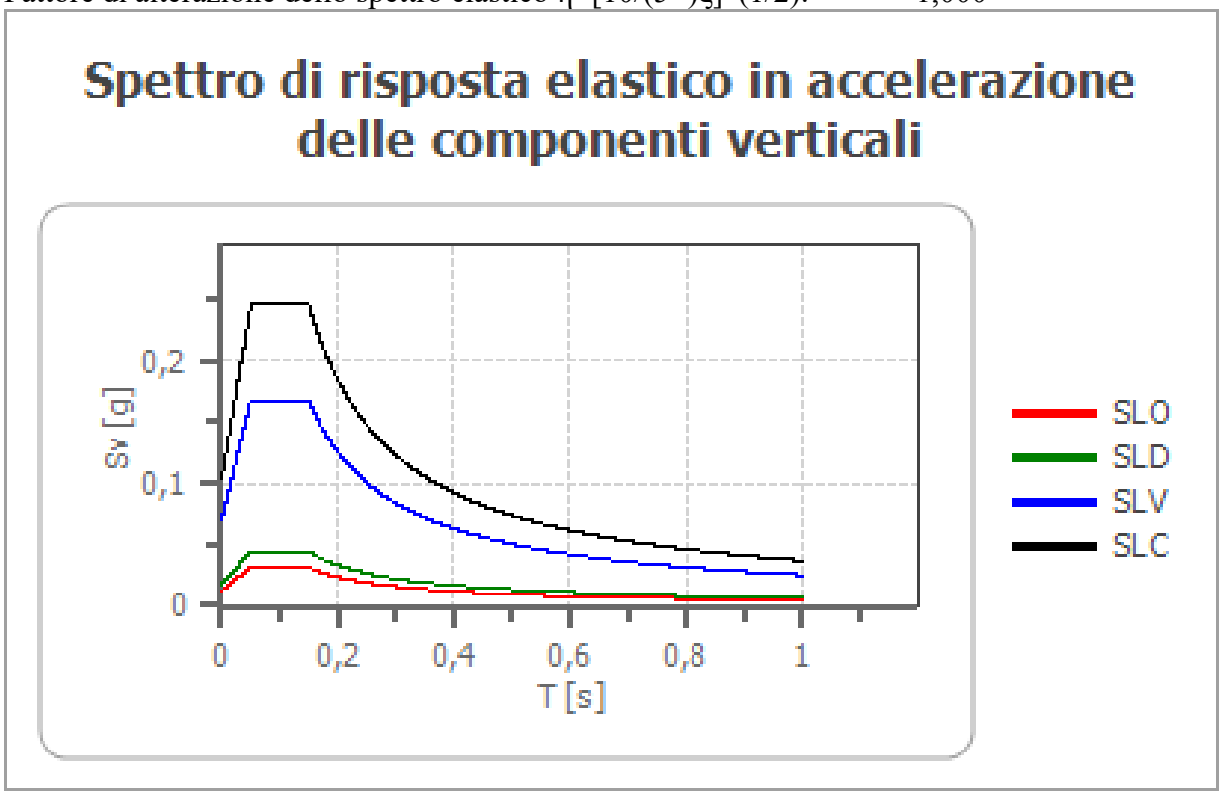
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,039	2,513	0,215	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,072	0,215	1,756	0,047	0,118
SLD	1,0	0,049	2,492	0,241	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,080	0,241	1,797	0,059	0,147
SLV	1,0	0,123	2,398	0,287	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,096	0,287	2,091	0,147	0,353
SLC	1,0	0,159	2,385	0,293	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,098	0,293	2,236	0,191	0,455

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2): 1,000



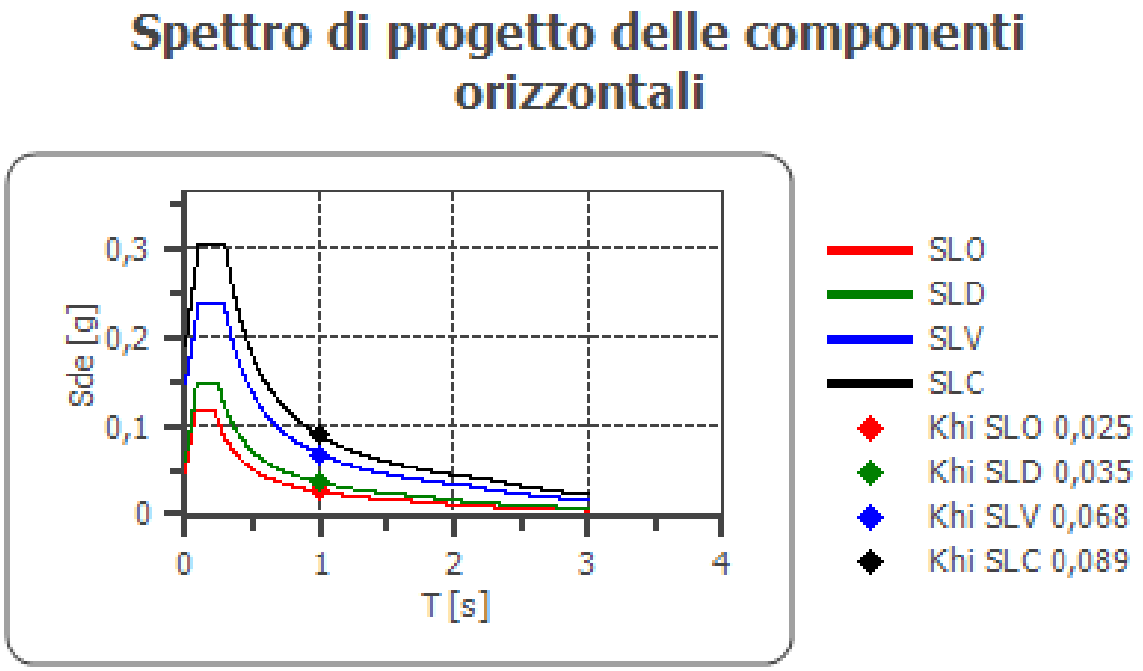
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,039	2,513	0,215	1	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,012	0,031
SLD	1,0	0,04	2,49	0,24	1	1,00	1,20	1,20	1,00	0,05	0,15	1,00	0,01	0,04

		9	2	1		0	0	0	0	0	0	0	8	4
SLV	1,0	0,123	2,398	0,287	1	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,070	0,167
SLC	1,0	0,159	2,385	0,293	1	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,103	0,245

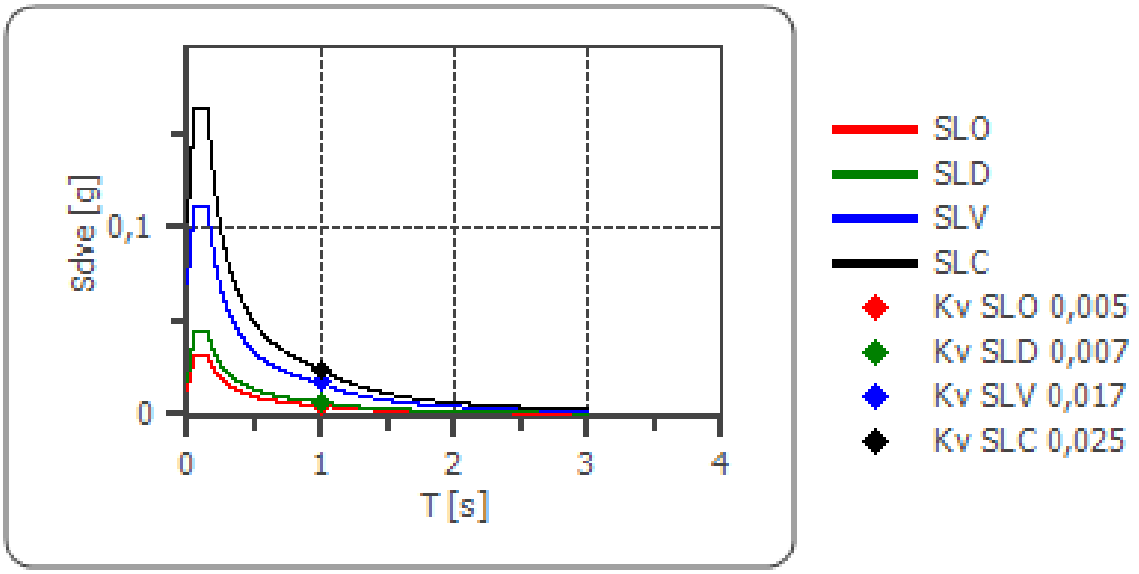
Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50
Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50
Periodo fondamentale T: 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,025	0,035	0,068	0,089
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,005	0,007	0,017	0,025



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1,0	0,039	2,513	0,215	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,072	0,215	1,756	0,047	0,118
SLO verticale	1,0	0,039	2,513	0,215	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,012	0,031
SLD orizzontale	1,0	0,049	2,492	0,241	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,080	0,241	1,797	0,059	0,147
SLD verticale	1,0	0,049	2,492	0,241	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,044
SLV orizzontale	1,0	0,123	2,398	0,287	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,096	0,287	2,091	0,147	0,236
SLV verticale	1,0	0,123	2,398	0,287	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000	0,070	0,111
SLC orizzontal	1,0	0,159	2,385	0,293	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,098	0,293	2,236	0,191	0,304

e														
SLC verticale	1,0	0,159	2,385	0,293	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000	0,103	0,163