

STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Brunello FORFORI

Via VII Luglio, 34 1

54033 - CARRARA (MS)

Cell. 393/9592397

Email: studio.forfori@gmail.com

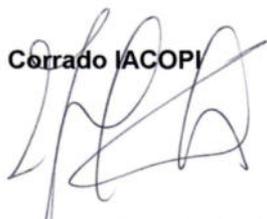
PEC: brunelloforfori@epap.sicurezzapostale.it

VERIFICA DI STABILITA' DEI RAVANETI DEI CANTIERI INFERIORE E SUPERIORE DI SUPPORTO AL PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA CAMPACCIO SITA NEL BACINO ACQUABIANCA – COMUNE DI MINUCCIANO (LU)

COMMITTENTE: ACQUABIANCA MARMI S.r.l. – Via Primo Tonini, 82b – Fraz. Gramolazzo
- Minucciano (LU)

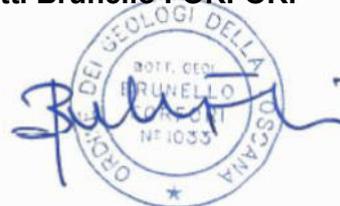
IL LEGALE RAPPRESENTANTE

Sig. Corrado IACOPI



IL TECNICO

Dott. Brunello FORFORI



- Marzo 2021 -

Sommario

1.0 - PREMESSA.....	1
2.0 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	1
3.0 – DESCRIZIONE DELL'AREA E DELL'INTERVENTO.....	1
3.1 – Stato attuale dell'area.....	1
3.2 – Stato di progetto dell'area.....	3
4.0 – CARATTERIZZAZIONE DEI DEPOSITI.....	5
4,1 – Ricostruzione stratigrafica del sito.....	5
4.2 Stese sismiche a rifrazione.....	7
4.3 – Caratterizzazione geotecnica dei terreni.....	7
4.4 - Caratterizzazione sismica dell'area.....	11
4.5 – Caratterizzazione idrogeologica dei terreni.....	12
5.0 – MODELLO SISMICO DI RIFERIMENTO.....	13
6.0 – VERIFICA DI STABILITA' DEL RAVANETO.....	14
6.1 – Premessa e condizioni al contorno.....	14
6.2 – Metodo Morgenstern e Price (1965).....	15
6.3 – Verifica di stabilità sezione A-A' – descrizione dei risultati.....	16
6.4 – Verifica di stabilità sezione C-C' – descrizione dei risultati.....	17
6.5 – Verifica di stabilità locale (sezione tipo viabilità) – descrizione dei risultati.....	17
6.6 – Verifica di stabilità sezione G-G' – descrizione dei risultati.....	17
7.0 – MODALITA' OPERATIVE.....	18
8.0 - CONCLUSIONI.....	18

IN ALLEGATO NEL TESTO:

- *Allegato 1 – Relazione di calcolo delle verifiche di stabilità del versante*

IN ALLEGATO FUORI TESTO:

- *Tavola R1 – Planimetrie con ubicazione sezioni geologiche A-A', C-C', G-G' in scala 1:1.000*

1.0 - PREMESSA

Per incarico della Società ACQUABIANCA MARMI s.r.l. è stata redatta la seguente relazione inerente la verifica di stabilità del ravaneto presente all'interno concessione della Cava Campaccio e che si estende tra la strada di servizio al bacino e il sottostante Rio Ventagio (ravaneto inferiore).

Il presente studio fa riferimento a specifici elaborati di supporto al progetto come le sezioni A-A' e C-C' contenute nelle sezioni topografiche di tav.15, ed utilizza la base cartografica realizzata per il presente piano e redatta in scala 1:500.

Sempre sulla base cartografica del progetto è stata tracciata una ulteriore sezione per determinare le condizioni di stabilità del ravaneto di minore estensione presente all'interno "dell'anfiteatro" del cantiere Superiore, denominato in seguito ravaneto superiore.

Oltre a quanto sopra, per la definizione delle geologia e morfologia locale, oltre ad un rilievo di campagna, si fa riferimento a dati bibliografici e alle risultanze delle stese sismiche realizzate in loco.

2.0 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riporta la normativa di riferimento per la presente valutazione:

- [1] D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".
- [2] Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 – "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- [3] Eurocodice 7 "Progettazione geotecnica".

3.0 – DESCRIZIONE DELL'AREA E DELL'INTERVENTO

3.1 – Stato attuale dell'area

Ravaneto inferiore – cantiere inferiore

Il ravaneto che interessa il cantiere inferiore della cava risulta caratterizzato da un pezzatura molto eterogenea del materiale detritico; il ravaneto non è stato classificato come storico e ciò risulta evidente dalla mancanza totale di ossidazione degli elementi che lo costituiscono, dalla sua eterogeneità granulometrica e dalla totale mancanza di una vegetazione se non in limitate porzioni perimetrali.

Il deposito in oggetto interessa un'ampia porzione dei terreni in disponibilità della cava e risulta sommariamente confinato a monte dalla viabilità di servizio al bacino estrattivo, a valle dall'impluvio del Rio Ventagio, mentre sul lato Nord/Nord-Est dal versante e dai fronti residui del cantiere inferiore.

Il ravaneto ha una granulometria molto varia e strutturalmente può considerarsi granuloso sostenuto in virtù delle pezzature di cui è costituito, che arrivano nella parte terminale e centrale alla presenza di massi ciclopici. Granulometricamente è costituito da pezzatura con diametro medio equivalente di circa 20-30cm fino a oltre il mc, il contenuto di fine è molto limitato e concentrato nella parte apicale, vista la selezione gravitativa del materiale avuta durante lo scarico.

Si sottolinea dal punto di vista cronologico del deposito che:

- è stato originato dalle medesime operazioni, ossia scarico del materiale proveniente dalla Cava Campaccio stessa e dalla Cava Carcaraia;
- la cava ha lavorato con una certa continuità negli ultimi 20-30 anni;
- il ravaneto è stato interessato da scarichi effettuati anche in tempi recenti, si ricorda a tal proposito che questo ravaneto è stato attivo fino al 2015 come area di parziale accumulo del materiale derivante dalla bonifica del fronte SW della Cava Carcaraia e dallo

svuotamento della antistante dolina (nulla osta n°17 del 06-03-2014 che autorizzava lo scarico fino a settembre 2015);

- il ravaneto è tagliato da una viabilità di arroccamento che permette di accedere ai fronti della Cava Campaccio inferiore e che tale viabilità è stata in parte ripristinata, così come autorizzato da Nulla Osta Parco n°42 del 11-10-2019, per accedere ai fronti residui della parte inferiore della concessione e per effettuare carotaggi;

Dal punto di vista geometrico il deposito in esame ha una estensione di poco superiore ai 50.000 mq, con forma irregolare, circa rettangolare e lati di circa 260 metri e 280 metri.

Il ravaneto oggetto di verifica si sviluppa a partire dalla cantiere superiore, attorno alle quote di 1040-1070 m s.l.m. fino a raggiungere il fondovalle del Rio Ventagio, posto ad una quota inferiore ai 900 m s.l.m.

Nella parte mediana, il ravaneto, si spinge fino in prossimità del cantiere inferiore visibile per la presenza di alcuni fronti residui e per la presenza di una porzione di un piazzale, che era a servizio della cava, posto a quota 961,8 m s.l.m.

Sul ravaneto sono tutt'ora visibili altre tracce lasciate dalla precedente attività estrattiva, come il piazzale a quota 1011,9 m s.l.m. e come parte della viabilità di accesso alla cava, visibile soprattutto nella parte occidentale e superiore del corpo detritico.

Il ravaneto mostra una acclività media attorno ai 34°-35°; la porzione superiore del ravaneto, in genere, mostra una acclività lievemente superiore che non raggiunge comunque i 40° e che tende gradualmente ad addolcirsi nella parte inferiore

Come detto il precedenza il ravaneto in esame è sede di una viabilità in parte da ripristinare, che sarà oggetto delle analisi di stabilità, e che collegava la parte superiore (zona cantiere superiore) direttamente con il fondovalle del Rio Ventagio.

Allo stato attuale l'area non mostra particolari condizioni di instabilità, ad eccezione di modesti canali incisi nella parte superiore in corrispondenza delle aree a maggior contenuto fine e quindi maggiormente soggette a fenomeni di dilavamento ed erosione.

La costituzione generale del deposito, con pezzature eterometriche e con elementi anche di grosse dimensioni, garantisce il drenaggio delle acque, ed il limitato contenuto di fine, garantisce che non si inneschino colate di detrito o di fango.

Lo spessore del ravaneto è difficilmente rilevabile in dettaglio, data la probabile morfologia complessa, che almeno in parte si suppone a gradoni discendenti; sul ravaneto allo stato attuale non sono visibili residui di bancate.

Solo sulla porzione Nord, in prossimità dei fronti residui del cantiere inferiore, è possibile osservare parte dei vecchi fronti residui della cava.,

Ravaneto superiore – cantiere superiore

Si tratta del ravaneto di minore estensione racchiuso nell'anfiteatro costituito dai fronti residui del cantiere superiore.

Come il ravaneto inferiore, presenza una granulometria molto eterogenea e si può considerare il deposito come granulo-sostenuto.

Il ravaneto superiore si può considerare sostanzialmente coevo con quello inferiore; l'unica differenza rispetto al ravaneto inferiore, è che il ravaneto superiore non è stato interessato da scarichi nel periodo 2014-2015.

Il ravaneto superiore, comunque, non presenta alcuna caratteristica di rinaturalizzazione come ossidazione dei clasti, presenza di vegetazione e altro.

Dal punto di vista geometrico il deposito in esame ha una estensione di poco superiore ai 3.000 mq, con forma circa rettangolare e lati di circa 95 metri e 35 metri.

Il ravaneto oggetto di verifica si sviluppa a partire da circa 992 m s.l.m. E termina su un ampio piazzale in marmo attorno a quota 945 m s.l.m.; il ravaneto, quindi, ha una altezza di poco inferiore ai 50 m.

Il ravaneto mostra una acclività media attorno ai 25°-30° con una conformazione monoclinale; la porzione superiore e inferiore del ravaneto, mostrano una acclività lievemente

inferiore.

Lo spessore del ravaneto è difficilmente rilevabile in dettaglio, data la probabile morfologia complessa, a gradoni discendenti.



Foto dove è visibile in alto il ravaneto superiore e la porzione apicale del ravaneto inferiore

3.2 – Stato di progetto dell'area

Cantiere inferiore – ravaneto inferiore

Si riportano i lavori di interesse ai fini delle verifiche di stabilità del versante e che saranno effettuati nelle prime due fasi di lavoro (primi 5 anni).

In prima fase si prevede:

- Risistemazione della viabilità di cantiere esistente che da q.ta 1048.1m s.l.m. sulla viabilità di comparto conduce fino all'attuale piazzale di q.ta 961.8m s.l.m.;
- Rimodellamento del deposito detritico che costituisce il lato occidentale dell'area di intervento e realizzazione al suo interno di viabilità di servizio sullo stesso corpo detritico per arrivare sulla porzione soprastante del futuro accesso in sotterraneo e iniziare un intervento di pulizia e scopertura del substrato roccioso. La scopertura interesserà di fatto la porzione occidentale del deposito, così da consentire la successiva progressiva fase di gradonatura di questo lato a partire da q.ta 990m s.l.m. ed altezza dei fronti di lavoro di circa 6m. La progressiva gradonatura si spingerà in coincidenza con l'attuale fronte in posizione meridionale andando a costituire il fronte di accesso del sotterraneo su cui rimarrà il residuo di bancata esistente di q.ta 993.1m s.l.m.. La gradonatura si schiaccerà inoltre in corrispondenza del limite orientale ripulendo progressivamente la discontinuità indicata con J0, realizzando sulla stessa eventuali disgaggi o consolidamenti che si potessero rendere necessari al fine di avere un fronte finale naturale pulito. A quota 971m s.l.m. realizzazione di ampio piazzale collegato al piazzale esistente di q.ta 961.8m s.l.m. da una rampa in detrito sul lato

orientale ed una sul lato occidentale prosecuzione della stessa viabilità di accesso al cantiere.

In seconda fase si prevede:

- Verifica e riadattamento della viabilità di collegamento tra quella di comparto a partire da q.ta 1048.1m s.l.m. ed il piazzale del Cantiere Inferiore di q.ta 965m s.l.m.. La modifica riguarderà il tratto iniziale in conseguenza dell'arretramento della viabilità di comparto verso meridione. Verranno inoltre mantenute le viabilità di servizio per accedere alle bancate di q.ta 1020 e 1014m s.l.m. che si sviluppano dall'asta viaria principale;
- Prosecuzione della viabilità dal piazzale di servizio di q.ta 965m s.l.m. con collegamento all'area di cava Scaglia-Bardiglio realizzando un guado in corrispondenza del Rio Ventaglio a circa q.ta 902m s.l.m.. Questa viabilità in passato era già esistente e collegava i due siti di Campaccio e Scaglia-Bardiglio;

Cantiere superiore – ravaneto superiore

Si riportano i lavori di interesse ai fini delle verifiche di stabilità del versante e che saranno effettuati nelle prime due fasi di lavoro (primi 5 anni).

In prima fase si prevede:

- Arretramento della viabilità di comparto che verrà riportata in direzione meridionale verso la parte interna del vecchio cantiere con riempimento del vuoto presente e rappresentato dalle vecchie bancate locali realizzando un piano a q.ta 1041.3m s.l.m.. Una volta rimosso il ravaneto superiore, in corrispondenza del piano di q.ta 1044.8m s.l.m. localizzazione dei servizi di cantiere con posizionamento di vaglio piano mobile per la gestione del materiale detritico in parte di quello proveniente dalle ultime fasi di scopertura del ravaneto ed in parte del materiale proveniente dalle operazioni previste nel Cantiere Inferiore (sia sul ravaneto che nelle fasi di coltivazione).

In seconda fase si prevede:

- Ampliamento ed avanzamento del piazzale di q.ta 1041.1m s.l.m. in direzione meridionale con rettifica del limite occidentale del piazzale stesso lungo il tratto di viabilità in salita tra q.ta 1048.2 e 1056m s.l.m.. Sul limite orientale la riorganizzazione del piazzale seguirà le strutture collegate alla J0 con pulizia delle discontinuità più persistenti ed esecuzione di interventi di consolidamento che si rendessero necessari;
- La viabilità di comparto localmente a q.ta 1041.3m s.l.m. sarà ulteriormente spostata verso meridione a pari quota andando ad eliminare la presenza di traffico in corrispondenza del ciglio del versante soprastante il cantiere inferiore. Si procederà quindi a ripulire completamente l'ammasso roccioso sottostante per consentire lo sviluppo della gradonatura del versante prevista nella successiva terza fase ed eliminando così materiale dall'area soprastante l'ingresso del sotterraneo;
- Sfruttando la viabilità esistente sul lato occidentale che conduce al piazzale di q.ta 1080.5m s.l.m., riorganizzazione degli spazi di quest'area con creazione di un punto di scarico del materiale derivato prodotto nella coltivazione della cava e dalla rimozione dei depositi presenti. Il materiale scaricato sarà riorganizzato con creazione di una nuova gradonatura che da 1080 arriverà fino al piano di 1041m s.l.m.. I vari livelli saranno riorganizzati strutturando la regimazione delle acque così da evitare fenomeni erosivi e favorire più velocemente una ripresa vegetazionale spontanea. Nell'area di scarico sarà realizzata una bastonatura frontale per accogliere il materiale che verrà lavorato il giorno successivo, previa verifica che sui fronti soprastanti non sia rimasto materiale in precarie condizioni. Per la gestione delle operazioni di scarico verrà organizzata una procedura interna così da evitare sempre che durante le operazioni di accumulo del materiale scaricandolo dall'alto si abbiano lavorazioni nel piazzale di q.ta 1041.1m s.l.m.. Il materiale oggetto di scarico dovrà avere pezzatura limitata escludendo lo scarico di blocchi di grosse dimensioni non gestibili;

4.0 – CARATTERIZZAZIONE DEI DEPOSITI

4.1 – Ricostruzione stratigrafica del sito

Per la ricostruzione stratigrafica del sito e quindi, nel caso in esame, per la ricostruzione della morfologia sepolta dal ravaneto inferiore si è proceduto innanzitutto con un rilievo della zona e visionando le cartografie e ortofoto a disposizione.

Dalle ortofoto prese in esame, a partire dal 1978 fino ad oggi si osserva come l'area fosse già interessata nel 1978 e con una certa continuità da allora, fino in tempi recenti, dallo scarico di materiale derivato dalle cave in zona.

Non si riesce ad intravedere, pertanto, la morfologia sepolta dell'area.

Si nota, inoltre, che già nel 1978 e nel 1988 era presente una viabilità di servizio che connetteva la cava Campaccio con il fondovalle del Rio Ventagio; tale viabilità, negli ultimi anni, come si vede dalla ortofoto del 2011 e dalla documentazione fotografica più recente, è stata in parte obliterata dagli scarichi di materiale detritico.

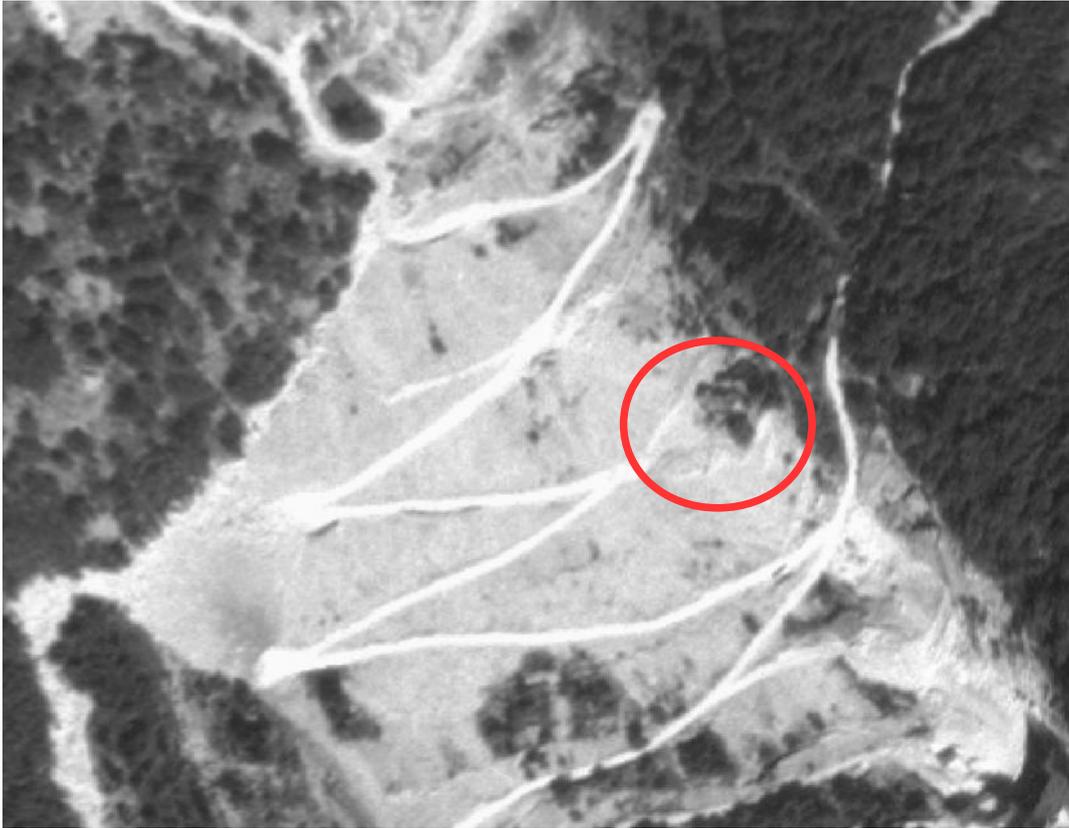
Ad oggi è visibile solo la parte superiore della viabilità, anche perché in parte ripristinata tramite nulla osta nel 2017.

Per una ricostruzione della morfologia sepolta, non essendo possibile osservare il substrato originario del sito ci si è affidati a metodologie indirette, ossia ad alcune stese sismiche a cui si rimanda nel capitolo successivo.

Anche lo spessore del ravaneto superiore è difficilmente rilevabile in dettaglio, data la morfologia complessa, che si suppone nella sua interezza a gradoni discendenti. Tramite la morfologia residua visibile nell'intorno del ravaneto è stata comunque ricostruita una morfologia a gradoni che è poi stata utilizzata anche per le successive verifiche di stabilità del versante.



Ortofoto – 2011: l'area presenta una condizione simile allo stato attuale, si vedono tracce della viabilità di servizio nella parte superiore, mentre nella parte inferiore la via è quasi totalmente obliterata



Ortofoto – 1988: l'area era già interessata da un ravaneto di estensione simile a quello odierno; è ben visibile la viabilità di servizio che attraversa tutto il ravaneto, con un tracciato simile alla viabilità prevista dal presente progetto. Si intuisce nell'area cerchiata di rosso, un'area di coltivazione, in corrispondenza di dove è prevista l'impostazione del futuro cantiere in sotterraneo



Ortofoto – 1978: presenta condizioni simili al 1988

4.2 Stese sismiche a rifrazione

Al fine di valutare lo spessore del ravaneto presente all'interno della concessione in oggetto, non potendo ricostruire altrimenti lo spessore del deposito, sono state effettuate due stese sismiche a rifrazione in onde P, una ubicata in prossimità della viabilità di servizio al bacino, e quindi lungo la parte apicale del ravaneto, ed una trasversale al ravaneto e che termina in prossimità del cantiere Campaccio Inferiore.

Dalla indagine sismica effettuata lungo la viabilità di servizio al bacino, si evidenzia:

- un primo riflettore sismico con velocità delle onde P pari a 750/760 m/s dello spessore piuttosto costante lungo la stesa ed attorno ai 4-5 metri. Tale livello è ascrivibile ad una copertura qui costituita dal ravaneto;
- un secondo riflettore sismico con velocità delle onde P attorno ai 2000 m/s, con spessori variabili da 5 a 15 metri e che aumentano progressivamente verso la parte di valle dell'indagine. Questo livello corrisponde alla parte superficiale del substrato roccioso, maggiormente alterata e/o fratturata;
- un terzo e più profondo riflettore sismico con velocità delle onde P maggiori ai 3000 m/s e rappresentativo di un substrato roccioso poco fratturato/poco alterato.

L'altra stesa sismica a rifrazione è stata realizzata trasversalmente al versante, partendo ad una quota di circa 1035 m s.l.m., poco a valle della viabilità di servizio al bacino, e terminando a quota circa 985 m s.l.m., in prossimità di dove dovrebbe svilupparsi il sotterraneo.

L'indagine sismica anche in questo caso ha individuato 3 livelli ed in particolare:

- un primo livello con la velocità delle onde P pari 430 m/s, con uno spessore variabile tra circa 3-7 metri. Questo primo livello corrisponde alla parte più superficiale del ravaneto caratterizzata da una maggiore percentuale di vuoti;
- un secondo livello con velocità delle onde P pari a circa 945 m/s, con spessori variabili tra i 7 e i 15 metri. Questo livello corrisponde alla parte meno areata del ravaneto e probabilmente la parte superficiale intensamente fratturata e alterata del substrato roccioso;
- un terzo livello con una velocità delle onde P superiore ai 3000 m/s e ascrivibile ad un substrato roccioso poco alterato e fratturato.

In sintesi si ha che nella parte alta del ravaneto gli spessori sono ridotti e dell'ordine di 4-5 metri e tale dato trova conferma dagli affioramenti del substrato visibili poco a monte della viabilità, mentre al di sotto della viabilità di servizio di bacino lo spessore del ravaneto aumenta sensibilmente, con uno spessore medio stimato attorno ai 15 metri e piuttosto costante lungo tutto il profilo indagato.

Alla luce delle evidenze di cui sopra, nella ricostruzione della morfologia sepolta delle sezioni prese in esame, è stato applicato per le successive verifiche uno spessore dei depositi detritici di 15-20 metri; tale spessore è stato ridotto nella parte superiore del deposito, in prossimità della viabilità di servizio di bacino, ed in prossimità del Rio Ventaglio.

4.3 – Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Dal punto di vista stratigrafico l'area è caratterizzata da soli due orizzonti:

- un primo orizzonte costituito da un deposito di origine antropica (ravaneto) con una granulometria molto eterogenea, prevalentemente grossolana, fino a blocchi di dimensione più che metrica, costituito essenzialmente da marmo. Il deposito è di tipo granuloso-sostenuto.
- Un secondo orizzonte costituito da substrato roccioso calcareo (marmo) caratterizzato, nella sua porzione superficiale, generalmente da una maggiore alterazione e fratturazione che tende rapidamente a diminuire con la profondità; tale fratturazione può estendersi anche più in profondità ed in tal caso risulta associata a faglie e/o fasce cataclastiche.

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei litotipi si fa riferimento prevalentemente a dati bibliografici.

La caratterizzazione geotecnica dei depositi quali quello in studio risulta difficoltosa con le normali procedure utilizzate per le terre: test penetrometrici, prelievo campioni e prove di laboratorio, etc. sia per l'inutilità di effettuare test penetrometrici, in materiali simili si bloccherebbero a poche decine di cm, sia per le difficoltà nel campionamento derivanti sia dalle dimensioni dei clasti costituenti (per prova in cella triassiale il campione deve essere almeno 6 volte la dimensione del costituente max) che dalla modifica del grado di interlocking assunto con il tempo e con la storia deposizionale del corpo detritico.

Le descrizioni e i parametri dei terreni affioranti ricavati sono riassunti nella tabella sottostante e sono da considerarsi cautelativi in considerazione dei terreni rilevati.

Unità A – Ravaneto (comportamento granulare)

Parametro	Metodologia calcolo	Simbolo	Valore medio	Unità di misura
Peso di volume naturale	dedotto da bibliografia	γ_n	2,1	ton/mc
Peso di volume saturo	dedotto da bibliografia	γ_{sat}	2,2	ton/mc
Angolo di attrito	dedotto da bibliografia	ϕ	45	°
Coesione non drenata	Terreni a prevalente carattere granulare	cu	---	Kg/cm ^q
Coesione efficace	dedotto da bibliografia (interlocking)	c'	0,1	Kg/cm ^q

L'angolo di attrito del materiale è stato scelto in base alle seguenti considerazioni:

- i materiali con granulometria grossolana generati da scarichi effettuati alla rinfusa, possono assumere un angolo di attrito minimo di 37° (Charles and Watts – 1980)
- Sherard (1963) asserisce che per i materiali di cui sopra l'angolo di attrito varia tra 40-45°;
- l'angolo di attrito sui depositi quali ravaneti, generalmente ha un largo intervallo compreso tra 37° e 50° (Oreste e Soldano – 2012);
- presupponendo che il deposito in oggetto sia assimilabile a ghiaie grossolane, comunque con dimensioni anche inferiori a quelle max possibili (abbiamo evidenziato ed asserito che il comportamento è governato dallo scheletro solido), la letteratura evidenzia valori di angolo di attrito interno variabili da 40°-55° (Bowles, 1986) per ghiaie pulite con utilizzo dei valori superiori in condizione di grani con spigoli e puliti;

L'osservazione dei ravaneti (sia nell'area che in altre zone del comprensorio apuano e garfagnino) permette di evidenziare una sorta di struttura deposizionale corrispondente all'attività di scarico che nel tempo ha organizzato livelli progressivi con strutture di deposizioni gradate e stratificate incrociate in funzione della direzione di scarico del momento, della condizione del giacimento (pezzature grossolane per scoperture e/o abbattimenti di aree non produttive, più limitate in corrispondenza del momento produttivo, etc.).

Queste azioni involontarie hanno comunque contribuito all'assetto strutturale del deposito determinando una struttura generale con grossi massi mescolati a volumetrie più piccole che hanno di fatto originato il mutuo incastro tra i vari costituenti con un generale *interlocking*.

Affermare che l'angolo di attrito interno dei depositi corrisponda a quello di natural declivio risulta limitativa della risposta del deposito alle sollecitazioni esterne quali resistenza al taglio, sisma, sovraccarichi e dove presente falda.

In tale senso infatti tutti i depositi sarebbero in condizioni limite di stabilità e nel caso di sollecitazioni anche di lieve intensità pronti al dissesto.

Presupponendo che il deposito in oggetto sia assimilabile a ghiaie grossolane, comunque con dimensioni anche inferiori a quelle max possibili (abbiamo evidenziato ed asserito che il comportamento è governato dallo scheletro solido), la letteratura evidenzia valori di angolo di attrito interno variabili da 40°-55° (Bowles, 1986) per ghiaie pulite con utilizzo dei valori superiori in condizione di grani con spigoli e puliti.

Ancora, la letteratura "*Analisi di stabilità sui ravaneti delle cave di Carrara e di altri depositi di inert*" condotte da Panei-Forlani-Tardi (Quarry&Costruction, 2000) dell'Università di Pisa a cui si rimanda per maggiori dettagli, hanno adattato la legge di comportamento per definire la resistenza al taglio di questi depositi, costituiti da materiali che esibiscono in generale una resistenza al taglio descritta da involuipi di rottura non lineari (presenza di comportamento dilatante del materiale) che può essere espressa in forma generale come:

$$\tau = A \sigma^B$$

dove:

- τ è la resistenza al taglio del materiale (deposito detritico);
- A e B sono coefficienti adimensionali funzione dei parametri del materiale;
- σ è la tensione agente sul deposito funzione in genere del carico litostatico (spessore del deposito)

e che adattata per i depositi detritici di marmo ha assunto la seguente espressione:

$$\tau = 4.00 \sigma^{0.761}$$

Queste espressioni come è corretto supporre (vedi anche meccanica delle rocce) esprimono la resistenza al taglio in funzione del carico normale agente con funzioni algebriche irrazionali crescenti (aumenta il carico aumenta la resistenza al taglio).

L'utilizzo di questa espressione con spessori quali quelli verificati dagli autori (massimi di circa 20-30m) ha portato questi a stimare in un campo di tensioni tra 0.05 e 0.5MPa valori variabili per l'angolo di attrito interno tra i 45° ed i 57°, valori che andrebbero poi ulteriormente aumentati di 5°-8° in funzione dell'effetto scala derivante dall'aver analizzato sperimentamente pezzature utili per le celle di carico (max 2cm) ma notevolmente inferiori alle volumetrie costituenti il deposito (scala 1:10 fino a 1:100).

A titolo cautelativo si assumerà come valore dell'angolo di attrito medio del deposito il valore inferiore ricavato dallo studio e citato nell'articolo di 45°, senza incremento di +5°/8° previsto per l'effetto scala.

L'analisi osservazionale condotta ha mostrato inoltre che come sopra descritto il deposito presenta nello scheletro oltre che pezzature importanti, anche un certo grado di incastro (*interlocking*), derivante sia dall'eterogeneità dei suoi costituenti sia dalla stessa storia deposizionale del cumulo, che introduce una certa "coesione" tra i costituenti intesa come vincolo alla mobilità dei clasti stessi.

Una "*giustificazione matematica*" a questo parametro viene anche dall'analisi della legge di resistenza assunta per il deposito il cui involucro di resistenza prima descritto, costruito al variare della tensione normale, è di tipo curvilineo con curvatura che tende all'infinito per valori elevati della tensione normale σ_n .

Da notare, come evidenziato nell'articolo citato di Panei-Forlani-Tardi (*Quarry&Costruction*, dicembre 2000), che questa espressione opportunamente trattata permette l'utilizzo dei metodi dell'equilibrio limite per la verifica di stabilità di un deposito.

In particolare i metodi dell'equilibrio limite solitamente sono applicati con espressioni in termini di coesione (c) e angolo di attrito (ϕ) (legge lineare di Mohr-Coulomb), i cui valori possono essere ricavati dall'involuppo curvilineo prima descritto derivando, rispetto alla tensione di riferimento calcolata ad esempio alla base del generico concio, la retta tangente alla curva involuppo: la pendenza fornisce il valore della tangente dell'angolo di attrito e l'intercetta con l'asse delle τ fornisce il valore della coesione (detta anche coesione "fittizia") in considerazione del punto considerato (valore imposto di tensione normale).

Ciò fornisce una coppia di valori "*istantanei*", che possono essere variati per diversi valori della tensione normale, in modo da ottenere una serie di valori di coesione e angolo di attrito in funzione della tensione normale media agente alle diverse profondità a cui sono riferiti i vari conci (o molto indicativamente le profondità di analisi).

Le coppie di valori (angolo attrito istantaneo e coesione istantanea) possono essere inseriti nelle espressioni di calcolo per verificare le superfici di scivolamento.

Si rileva da semplici calcoli che i valori di coesione ottenuti con questa elaborazione sulla base del campo tensionale assunto, variabile da 0.04MPa a 0.4MPa (circa 2-20m di altezza deposito in funzione delle superfici di rottura ipotizzate) presentano stime variabili da 0.25 a 0.55MPa, che appaiono ampiamente sovrastimati.

Considerata l'importanza del parametro "coesione" all'interno delle verifiche di stabilità condotte con legge di comportamento lineare Mohr-Coulomb, delle condizioni al contorno della seguente analisi e della definizione di parametri ripresi prevalentemente da dati bibliografici in possesso dello scrivente e da sopralluoghi nell'area, lo scrivente ha deciso a titolo cautelativo di assegnare valore di 0,1 kg/cmq al parametro coesione.

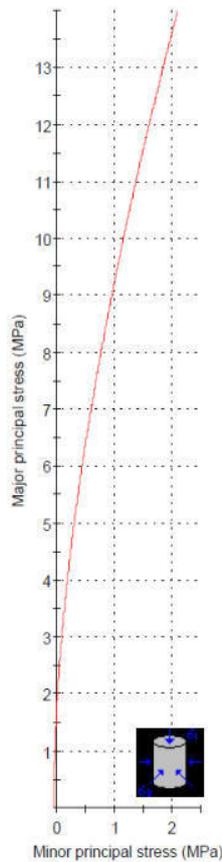
Per quanto riguarda il valore del peso di volume, in considerazione delle dimensioni medie dei costituenti, della presenza dei vuoti e di quanto riportato nella bibliografia esistente e riferibile a ghiaie molto grossolane, si assumerà come peso di volume medio del materiale il valore di 2.1Ton/mc (valore sovrastimato rispetto al reale di almeno un 10%).

Unità B – Substrato roccioso molto alterato e fratturato

Parametro	Metodologia calcolo	Simbolo	Valore medio	Unità di misura
Peso di volume naturale	dedotto da bibliografia	γ_n	2,7	ton/mc
Peso di volume saturo	dedotto da bibliografia	γ_{sat}	2,7	ton/mc
Angolo di attrito	da RocLab	ϕ	44	°
Coesione non drenata	Non computata	cu	----	Kg/cmq
Coesione efficace	da RocLab	c'	0,7	Kg/cmq

Per quanto riguarda i parametri dell'ammasso roccioso sono stati applicati, cautelativamente, i valori dell'ammasso alterato e fratturato (dominio 2 – negli elaborati progettuali) ottenuti tramite il programma *RocLab* ed inserendo un GSI cautelativo e pari a 35 (vedi fig.3). Da sottolineare che considerare l'ammasso nella sua interezza come alterato e fratturato è una condizione molto cautelativa e quindi molto a favore della sicurezza.

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification
intact uniaxial compressive strength = 75 MPa
GSI = 35 $m_i = 10$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 $m_b = 0.981$ $s = 0.0007$ $a = 0.516$

Mohr-Coulomb Fit
cohesion = 0.699 MPa friction angle = 43.74 deg

Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.056 MPa
uniaxial compressive strength = 1.806 MPa
global strength = 9.322 MPa
modulus of deformation = 3652.00 MPa

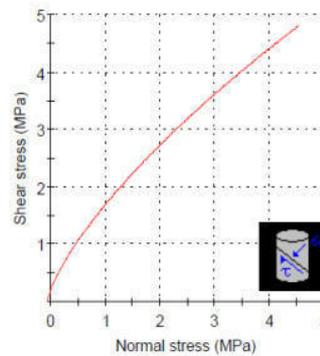


Fig.1 diagrammi in uscita del dominio 2 dell'ammasso (cappellaccio-finimento) con GSI pari a 35

Si sottolinea che i parametri geotecnici utilizzati sono quelli medi sopra espressi; si ricorda che il capitolo 6.2.2.4. della circolare n.7 del 21/01/2019, cita che “Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno” come è appunto il caso in esame, ossia l'inserimento di opere sul versante e la loro relativa verifica di stabilità. Si sottolinea comunque che i valori utilizzati risultano ampiamente cautelativi.

4.4 - Caratterizzazione sismica dell'area

Visto lo stato dei luoghi caratterizzato da substrato roccioso affiorante e da coperture di origine antropica di spessore variabile che nel settore di versante in oggetto superano ampiamente i 3 m di spessore, ma comunque si stima rimangano sotto i 30 metri di spessore, per l'area in esame si ritiene di assegnare cautelativamente la categoria di suolo di fondazione E ai sensi delle NTC 2018.

Suolo E -Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/sec, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche e da valori di velocità equivalenti compresi tra 360 e 800m/sec
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360m/sec
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180m/sec
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (NTC, 2018)

Come coefficiente topografico, essendo l'intervento in un contesto montano caratterizzato da medie-elevate pendenze, si assegna la categoria topografica T2.

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

Tabella 3.2.II – Categorie topografiche che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (NTC, 2018)

4.5 – Caratterizzazione idrogeologica dei terreni

I litotipi rappresentati possono essere suddivisi sotto l'aspetto idrogeologico in:

- **Litotipi permeabili per porosità:** questa porosità detta anche “primaria” è caratteristica dei litotipi incoerenti, in cui esistono dei vuoti fra i granuli. Tra le formazioni presenti permeabili per porosità si ricordano:
 - **Depositi detritici / ravaneti:** questi accumuli detritici, sia artificiali che di versante, sono permeabili per porosità, in quanto incoerenti e costituiti da elementi a spigoli vivi, con ampia variazione granulometrica. Nei ravaneti non si riscontra la presenza di falda idrica, perché le acque meteoriche infiltratesi ed ivi circolanti vengono assorbite direttamente dal substrato calcareo, permeabile per fratturazione e carsismo. La velocità di infiltrazione all'interno del substrato dipende dalla quantità di materiale fine presente nel corpo detritico.
- **Litotipi permeabili per fratturazione e carsismo:** la permeabilità per fratturazione è legata alla presenza negli ammassi rocciosi di fessure. Il sistema più o meno continuo che esse formano determina il grado di permeabilità per fessurazione, proprietà acquisita e legata per lo più a fratture generate da sforzi tettonici. Dove la composizione dell'ammasso è favorevole, queste fratture possono essere allargate da fenomeni chimico-fisici che portano a processi di dissoluzione con formazioni di cavità beanti. In particolare, il processo carsico, si verifica quando l'acqua circolante all'interno delle discontinuità si trova in condizioni di pressione e temperature idonee alla dissoluzione della roccia.

Per quanto riguarda l'area in esame, non sono presenti nell'area circolazioni idriche significative, nemmeno a seguito di piogge intense e durature, nonostante la conformazione

morfologica del sito, ad anfiteatro, che convoglia le acque meteoriche all'interno della "trincea" del cantiere Scaglia.

Ciò è dovuto alla granulometria grossolana del deposito che oltre a determinare un comportamento granulo-sostenuto del ravaneto, determina anche livelli di permeabilità "alti" che generano infiltrazioni rapide e assenza di possibile saturazione dei depositi stessi e pertanto di sovrappressioni idrauliche. L'assenza di circolazioni idriche superficiali, nonostante la piovosità elevata dell'area, è testimoniata dalla mancanza di forme erosive determinate dal ruscellamento delle acque meteoriche sul deposito.

L'acqua pertanto si infiltra nel ravaneto, ma data la molto elevata permeabilità del sottostante substrato roccioso (marmo), questa si infiltra ancora più in profondità; nell'area, infatti, non si ha lo sviluppo di circolazioni idriche superficiali e sub-superficiali anche nel sottostante Rio Ventagio che corre alla base del versante in esame.

Nonostante queste considerazioni, nelle successive analisi di stabilità, è stata ipotizzata una falda che caratterizza il ravaneto e che può essere assunta ipoteticamente ad una situazione transitoria durante il percorso di percolazione delle acque meteoriche all'interno dei depositi.

La forma e l'andamento non hanno in effetti una rispondenza reale della condizione, vista anche la morfologia del substrato che è stata ricostruita sulla base della cartografia disponibile.

La presenza della falda è stata imposta per rendere ancora più cautelativa l'analisi di stabilità successiva, ponendosi nelle condizioni che una parte del deposito risulta saturo con aumento del peso di volume del materiale e presenza in termini di tensioni efficaci di riduzione della resistenza al taglio.

5.0 – MODELLO SISMICO DI RIFERIMENTO

In considerazione degli effetti del sisma sui potenziali cinematismi, si è provveduto a valutare secondo quanto richiesto dalla nuova normativa (NTC – D.M. 14/01/2018) la sismicità dell'area di intervento.

Ricordiamo che rispetto alla vecchia normativa si è passati da un concetto di "zona dipendente" ad uno di "sito dipendente" al fine di considerare gli effetti locali dell'azione sismica.

A tal proposito si è utilizzato il programma GEOSTRU – PARAMETRI SISMICI presente gratuitamente nel web al sito [www. Geostru.com](http://www.Geostru.com).

Le valutazioni che seguiranno di verifica saranno condotte in termini SLU, stato limite ultimo, SLV (Stato Limite Salvaguardia della Vita), applicando i relativi coefficienti.

Nel programma sono stati inseriti i seguenti parametri di partenza relativi alla localizzazione ed alla tipologia del sito in esame:

- Coordinate del sito in esame ED50: 44.129,10.235; WGS84 44.128,10.234;
- Classe d'uso: I, presenza occasionale di persone;
- Vita nominale: 50 anni;

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.057	2.437	0.242
Danno (SLD)	35	0.062	2.438	0.245
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.165	2.408	0.277
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.214	2.425	0.283
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			

Tabella 1: parametri sismici di ingresso

In automatico il programma ricerca i siti di riferimento da cui ricavare il valore di accelerazione al bedrock, valore di base che sarà poi modificato in funzione delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche locali.

A questo punto vengono richiesti i parametri sismici del sito in esame e cioè:

- Categoria di sottosuolo: E
- Categoria Topografica: T2;

Il programma citato in applicazione alle espressioni riportate nel testo della normativa procede ad eseguire i calcoli fornendo i valori finali di accelerazione massima attesa (A_{max}), il coefficiente β e quindi i valori dei coefficienti orizzontale (K_h) e verticale (K_v) da inserire nei calcoli; di seguito si rimette lo specchietto finale, Tabella 2, di output del programma:

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,56	1,43
CC Coeff. funz. categoria	2,03	2,02	1,92	1,91
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20
<input type="checkbox"/> Acc.ne massima attesa al sito [m/s ²]		0.6		
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.022	0.024	0.074	0.103
kv	0.011	0.012	0.037	0.051
Amax [m/s ²]	1.074	1.160	3.032	3.593
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Tabella 2: coefficienti sismici derivati da categoria di sottosuolo E e categoria topografica T2

6.0 – VERIFICA DI STABILITA' DEL RAVANETO

6.1 – Premessa e condizioni al contorno

Al fine di valutare le condizioni di stabilità dei ravaneti, allo stato attuale e di progetto, sono state effettuate alcune verifiche di stabilità ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C. 2018).

Si è fatto uso del programma di verifica di stabilità SLOPE della GEOSTRU Srl.

La valutazione del coefficiente di sicurezza, determinato secondo il metodo di Morgenstern&Price (1965), è stata condotta:

- su due sezioni dirette secondo la massima pendenza del pendio ed intersecanti due distinte aree di intervento del ravaneto inferiore; in particolare le sezioni, per ubicazione si vedano le tavole allegate al progetto e la tavola R1, intersecano aree in cui verranno effettuate le modifiche morfologiche di maggiore impatto relative agli interventi di ripristino

e/o realizzazione di viabilità di servizio; le sezioni prese in esame e ritenute più significative per le analisi in oggetto sono la sezione A-A' e la sezione C-C'. Lo stato di progetto utilizzato per le sezioni A-A' e C-C' è quello finale della II fase (fase comprensiva dei primi 5 anni di lavorazione), oggetto di autorizzazione.

- Su una sezione sempre secondo la massima pendenza del pendio e in asse al ravaneto superiore denominata sezione G-G' (per ubicazione si veda planimetrie contenute in tavola R1).

Oltre alle sezioni sopra citate, che hanno la funzione di verificare il ravaneto nel suo complesso, sono state fatte alcune valutazioni sulle condizioni di stabilità locale indotte dall'intervento, utilizzando una sezione tipo della viabilità di progetto.

Per le verifiche sono state applicate le seguenti schematizzazioni:

- Utilizzo dei parametri geotecnici medi espressi nel paragrafo 4.2;
- Utilizzo cautelativamente della categoria di suolo E e categoria topografica T2;
- nonostante non sia stata rilevata la presenza di alcuna falda nell'area di indagine, è stata inserita cautelativamente una falda in prossimità del contatto ravaneto/substrato roccioso;
- verifica di stabilità del versante mirata ad ottenere superfici di scorrimento di tipo circolare;
- allo stato attuale non sono stati inseriti carichi aggiuntivi sul versante;
- allo stato di progetto, lungo la viabilità di servizio, sono stati inseriti carichi distribuiti a gravare sulla infrastruttura pari a 1,2 kg/cmq, carico da considerarsi molto cautelativo anche considerando la situazione maggiormente gravosa, ossia il passaggio di un mezzo d'opera con un blocco del peso massimo stimabile di circa 30 ton.

Le verifiche di stabilità sono state effettuate allo stato attuale e di progetto, in condizioni statiche e sismiche.

6.2 – Metodo Morgenstern e Price (1965)

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X, definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, senoide, semisenoide, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E, X, il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta “**equazione delle forze**”:

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \operatorname{tg} \varphi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) = \\ = \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

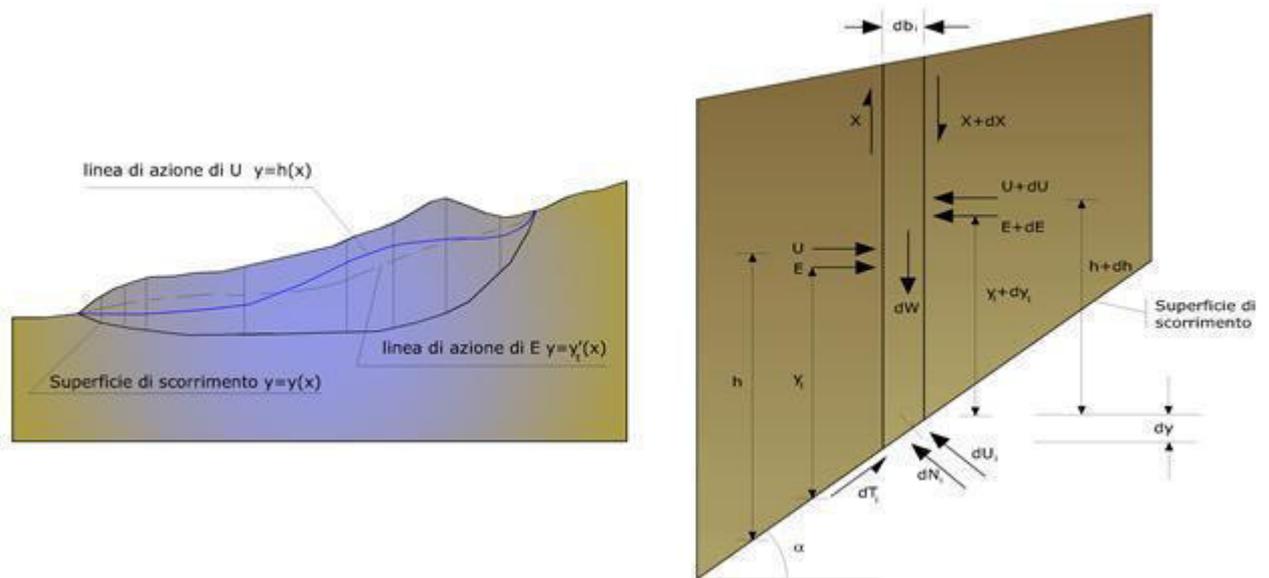


Figura 2: Azioni sul concio *i*-esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Una seconda equazione, detta “**equazione dei momenti**”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d(E \cdot \gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

6.3 – Verifica di stabilità sezione A-A' – descrizione dei risultati

Nella sottostante tabella si riportano i valori del coefficiente di sicurezza ottenuti dalle elaborazioni effettuate lungo la sezione A-A', posizionata a valle del futuro ingresso in sotterraneo del cantiere.

SEZIONE A-A' – ravaneto inferiore	Fs min
Stato attuale – condizione statica	1,22
Stato attuale- condizione sismica	1,47
Stato di progetto – condizione statica	1,18
Stato di progetto - condizione sismica	1,41

Dalle analisi condotte si rileva, nonostante le condizioni al contorno utilizzate molto cautelative (es. presenza di falda etc..), si ottengano dei valori del coefficiente Fs tali da considerarsi in condizioni di sicurezza, sia in condizione statica, che sismica, sia allo stato attuale che di progetto.

Dalle analisi si nota solo un lieve decremento del coefficiente di sicurezza allo stato di progetto, da ritenersi poco significativo al fine delle condizioni di stabilità del sito.

L'intervento di progetto, nonostante ciò, nel suo complesso risulta migliorativo per le condizioni di stabilità del sito, in quanto va ad asportare la parte apicale del ravaneto in prossimità del futuro cantiere in sotterraneo.

6.4 – Verifica di stabilità sezione C-C' – descrizione dei risultati

Nella sottostante tabella si riportano i valori del coefficiente di sicurezza ottenuti dalle elaborazioni effettuate lungo la sezione C-C', posizionata al centro del corpo detritico in oggetto, nel tratto in cui si suppone il ravaneto presenti maggiori spessori ed è attraversato in più punti dalla viabilità in esame.

SEZIONE C-C' - ravaneto inferiore	Fs min
Stato attuale – condizione statica	1,11
Stato attuale- condizione sismica	1,32
Stato di progetto – condizione statica	1,14
Stato di progetto - condizione sismica	1,37

Dalle analisi condotte si rilevano le sostanziali condizioni di stabilità del ravaneto nonostante le condizioni al contorno utilizzate molto cautelative.

Allo stato di progetto si nota un lieve aumento del fattore di sicurezza determinato dalle trasformazioni morfologiche del ravaneto, con asportazione di parte del materiale nel settore centrale e superiore dello stesso, che determina una riduzione della pendenza del declivio.

6.5 – Verifica di stabilità locale (sezione tipo viabilità) – descrizione dei risultati

La sottostante verifica di stabilità locale è stata effettuata al fine di tarare la pendenza massima del deposito in prossimità della viabilità di servizio prevista, utilizzando le condizioni allo stato di progetto prescelte (presenza falda, sovraccarico distribuito su viabilità pari a 1,2 kg/cmq, etc...).

SEZIONE TIPO (verifica locale)	Fs min
Sezione locale – condizione statica	1,1
Stato locale - condizione sismica	1,34

Dalle analisi condotte si nota come la condizione maggiormente critica si ottenga in condizione statica e sulla scarpata di valle della rampa, soggetta al sovraccarico determinato dal passaggio di mezzi pesanti.

La verifica è stata condotta al fine di trovare la pendenza critica della scarpata stradale oltre la quale si ottiene un Fs min pari o inferiore a 1,1 (fattore considerato limite nella presente analisi).

Nelle analisi condotte si osserva che l'angolo critico da non superare sulle scarpate stradali, al fine di mantenere allo stato di progetto un Fs pari o superiore a 1,1, e quindi considerarsi in condizioni di sicurezza, è di circa 42°.

6.6 – Verifica di stabilità sezione G-G' – descrizione dei risultati

Nella sottostante tabella si riportano i valori del coefficiente di sicurezza ottenuti dalle elaborazioni effettuate lungo la sezione in asse al ravaneto superiore, posizionata al centro del corpo detritico in oggetto, nel tratto in cui si suppone il ravaneto presenti maggiori spessori.

SEZIONE G-G' – ravaneto superiore	Fs min
Stato attuale – condizione statica	1,36
Stato attuale- condizione sismica	1,62

Dalle analisi condotte si rilevano le sostanziali condizioni di stabilità del ravaneto nonostante le condizioni al contorno utilizzate molto cautelative.

Si omettono le analisi di stabilità di progetto sul corpo detritico in quanto la società utilizzerà l'area come deposito temporaneo per la gestione dei derivati secondo spessori molto inferiori e con inclinazioni pari o inferiori rispetto al deposito attuale, e quindi con condizioni molto migliorative rispetto allo stato attuale e tali da considerarsi, viste le analisi allo stato attuale, ampiamente in condizioni di sicurezza.

Il deposito temporaneo, inoltre, sarà strutturato adeguandosi alla morfologia dei gradoni presenti e sarà delimitato alla base da una cordolatura in blocchi alta circa 2-3 metri, entrambi condizioni che favoriranno ulteriormente le condizioni di stabilità dell'area.

7.0 – MODALITA' OPERATIVE

Si consiglia durante l'esecuzione del progetto di mantenere una regimazione delle acque meteoriche ricadenti nell'area al fine di evitare "ingoramenti" delle stesse lungo direttrici preferenziali con potenziale innesco di erosioni lineari nell'area.

A tal fine, come descritto nelle tavole e nella relazione per la gestione delle AMD di supporto al progetto, le acque ricadenti sui versanti e sulla viabilità dovranno essere raccolte e indirizzate verso i colatori naturali più prossimi.

Questo potrà essere messo in atto realizzando lato monte della viabilità delle fossette di regimazione delle acque con pendenza contromonte della stessa sede stradale e realizzando lato valle delle stesse strade dei cordoli in terra costipata per impedire la tracimazione delle acque stesse nei versanti sottostanti.

Lungo la stessa viabilità si consiglia di regimare le acque ricadenti sulla viabilità con interventi volti a condottare le stesse in corrispondenza di impluvi ed ad evitare il loro incanalamento nella mezzeria della sede viaria, predisponendo se possibile eventuali attraversamenti trasversali in corrispondenza dei tratti maggiormente acclivi che interrompano il gradiente idraulico.

Gli stessi rilevati di protezione in terra realizzati a bordo piazzali serviranno per regimare le acque sugli stessi dirigendole verso impluvi naturali più prossimi.

8.0 - CONCLUSIONI

Sulla base dello studio effettuato, in sintesi, emerge che:

- Al momento non sono presenti fenomeni attivi di interesse alla scala della presente relazione;
- lo scheletro del ravaneto è rappresentato da pezzature anche di medie-grandi dimensioni, che garantiscono al deposito un valore elevato di angolo interno del materiale. L'esistenza di una interconnessione del materiale derivante dal mutuo incastro tra i suoi costituenti permette di stimare per il deposito anche un valore di coesione ai fini dell'analisi numerica;
- le verifiche di stabilità del versante lungo le sezioni indicate, effettuate con i parametri ed i criteri precedentemente esposti, hanno fornito risultati tali da considerarsi in condizione di sicurezza, sia in condizioni statiche che sismiche, sia allo stato attuale che di progetto. Le verifiche in sintesi hanno mostrato una sostanziale non variabilità del coefficiente di sicurezza tra lo stato attuale e di progetto per il ravaneto inferiore, e ciò attesta il corretto inserimento delle opere e delle modifiche morfologiche previste, e le condizioni di stabilità del ravaneto superiore allo stato attuale;
- l'alleggerimento della porzione apicale e centrale del ravaneto inferiore indotto dal progetto contribuiscono ad una migliore stabilità globale del deposito;
- l'asportazione del ravaneto superiore nell'esecuzione del progetto, e il suo successivo utilizzo come deposito temporaneo dei derivati, è anche questa una condizione migliorativa sulle condizioni di stabilità del sito;

- si consiglia, per i piazzali e le viabilità interne di collegamento, di mantenere una corretta regimazione delle acque meteoriche soprattutto per ridurre potenziali fenomeni derivanti da concentrazione dei flussi delle acque dilavanti.

Si rimane disponibili ad eventuali chiarimenti o integrazioni.

Carrara, 31.03.2021

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

Sig. Corrado IACOPI



IL TECNICO

Dott. Brunello FORFORI



ALLEGATO 1

VERIFICHE DI STABILITA' DEL VERSANTE

Relazione di calcolo

SEZIONE A-A' – STATO ATTUALE CONDIZIONE STATICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	16,22 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	72,01 m
Ascissa vertice destro superiore xs	128,23 m
Ordinata vertice destro superiore ys	116,65 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	16,6	3,2
3	27,5	7,2
4	30,8	9,0
5	32,5	11,2
6	43,4	17,2
7	56,0	25,5
8	119,2	71,0
9	127,7	71,0
10	130,0	73,0
11	152,6	82,6
12	178,0	97,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-0,7	-5,63
2	32,02	-0,08
3	49,21	7,41
4	121,02	59,81
5	179,25	90,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	32,81	-1,63
3	48,72	4,49
4	121,53	57,1
5	153,75	75,0
6	178,0	87,19

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	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0,1		45	2100	2200	Ravaneto
2	0,7		44	2700	2700	Marmi

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,22
Ascissa centro superficie	38,62 m
Ordinata centro superficie	107,72 m
Raggio superficie	89,22 m

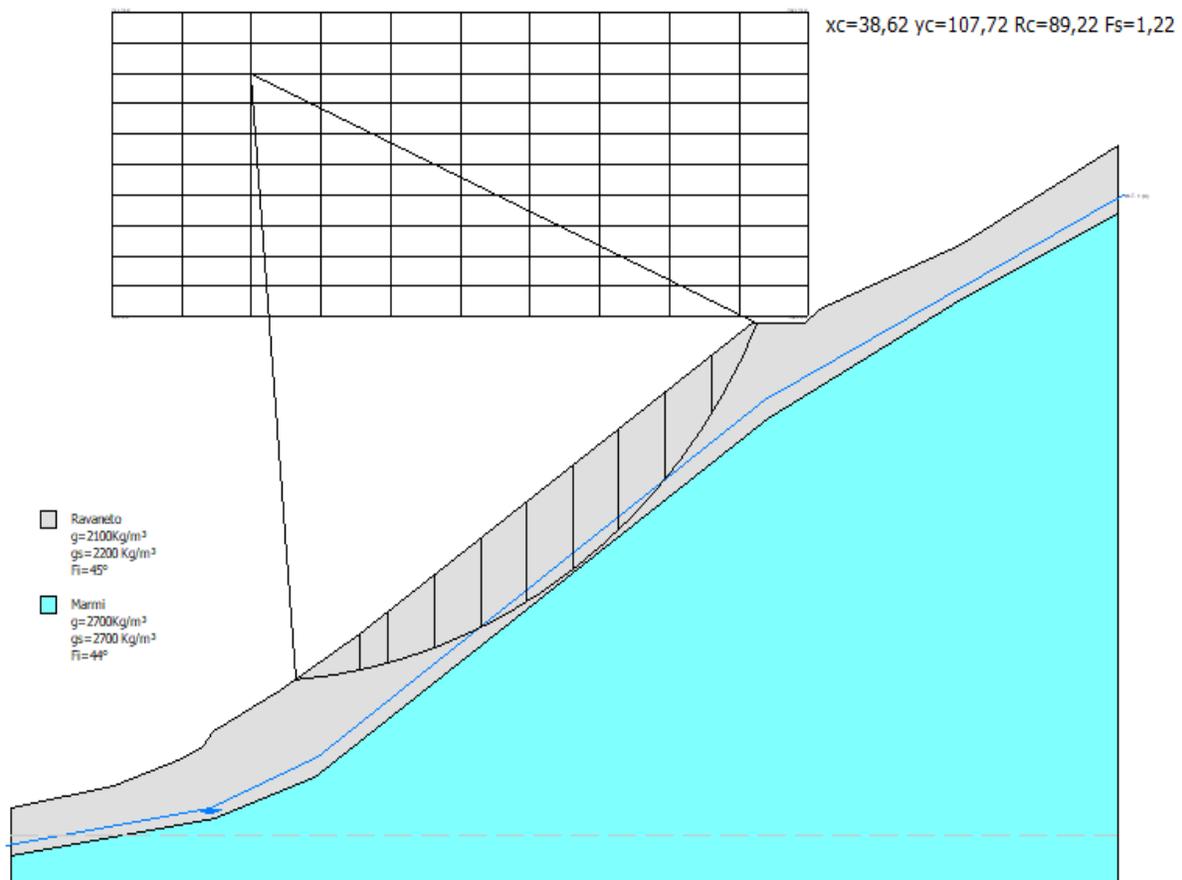
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

$x_c = 38,62$ $y_c = 107,721$ $R_c = 89,221$ $F_s = 1,22$
 $\lambda = 0,625$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	10,19	7,93	10,28	59787,2
2	4,64	12,76	4,76	63001,96
3	7,41	16,77	7,74	143489,0
4	7,41	21,82	7,98	186191,8
5	7,41	27,06	8,32	217635,3
6	7,41	32,56	8,79	235551,0
7	7,41	38,43	9,46	236604,9
8	7,41	44,82	10,45	216584,2
9	7,41	52,05	12,05	169274,2
10	7,41	60,81	15,2	80242,95

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	24931,34	39891,06	0,0	0,0	40025,34	29987,04	0,0
2	44241,46	70787,97	24931,34	39891,06	49436,93	32301,95	0,0
3	73809,59	118098,0	44241,46	70787,97	122727,1	77766,42	0,0
4	97065,17	155307,8	73809,59	118098,0	165091,3	103162,7	0,0
5	106257,5	170015,9	97065,17	155307,8	183797,4	114514,6	7582,52
6	98542,72	157672,0	106257,5	170015,9	179189,1	112048,6	16179,19
7	76548,29	122480,1	98542,72	157672,0	158771,5	100276,0	17195,53
8	46812,68	74902,02	76548,29	122480,1	129007,5	83124,22	8632,73
9	17039,26	27263,44	46812,68	74902,02	84838,09	57752,46	0,0
10	-119,12	-190,59	17039,26	27263,44	23534,82	23086,82	0,0



SEZIONE A-A' – STATO ATTUALE CONDIZIONE SISMICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	44,128276/10,233662
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	16,22 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	72,01 m
Ascissa vertice destro superiore xs	128,23 m
Ordinata vertice destro superiore ys	116,65 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 I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,56	2,44	0,24
S.L.D.	35,0	0,61	2,44	0,25
S.L.V.	332,0	1,62	2,41	0,28
S.L.C.	682,0	2,09	2,43	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,0752	0,2	0,0219	0,011
S.L.D.	1,1712	0,2	0,0239	0,0119
S.L.V.	3,0366	0,24	0,0743	0,0372
S.L.C.	3,5872	0,28	0,1024	0,0512

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0743
Coefficiente azione sismica verticale	0,0372

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	16,6	3,2
3	27,5	7,2
4	30,8	9,0
5	32,5	11,2
6	43,4	17,2
7	56,0	25,5
8	119,2	71,0
9	127,7	71,0
10	130,0	73,0
11	152,6	82,6
12	178,0	97,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-0,7	-5,63
2	32,02	-0,08
3	49,21	7,41
4	121,02	59,81
5	179,25	90,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	32,81	-1,63
3	48,72	4,49
4	121,53	57,1
5	153,75	75,0
6	178,0	87,19

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coazione efficace	1,25
Coazione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coazione (kg/cm ²)	Coazione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0,1		45	2100	2200	Ravaneto
2	0,7		44	2700	2700	Marmi

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,47
Ascissa centro superficie	38,62 m
Ordinata centro superficie	107,72 m
Raggio superficie	89,22 m

$x_c = 38,62$ $y_c = 107,721$ $R_c = 89,221$ $F_s = 1,471$

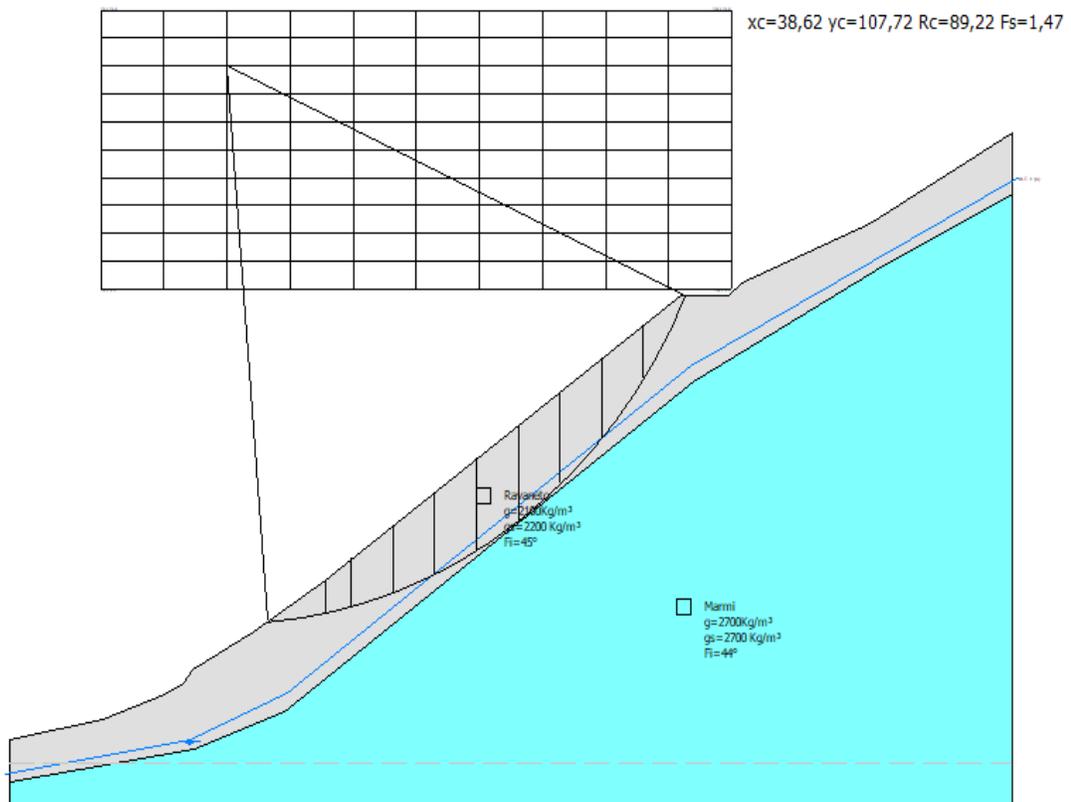
$\lambda = 0,709$

Nr.	B	Alfa	Li	Wi
-----	---	------	----	----

	m	(°)	m	(Kg)
1	10,19	7,93	10,28	59787,2
2	4,64	12,76	4,76	63001,96
3	7,41	16,77	7,74	143489,0
4	7,41	21,82	7,98	186191,8
5	7,41	27,06	8,32	217635,3
6	7,41	32,56	8,79	235551,0
7	7,41	38,43	9,46	236604,9
8	7,41	44,82	10,45	216584,2
9	7,41	52,05	12,05	169274,2
10	7,41	60,81	15,2	80242,95

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	33666,29	47500,25	0,0	0,0	34013,58	30115,0	0,0
2	58798,74	82959,98	33666,29	47500,25	46018,07	34518,04	0,0
3	95854,66	135242,7	58798,74	82959,98	119026,8	86181,72	0,0
4	123696,6	174525,3	95854,66	135242,7	162891,1	116167,4	0,0
5	133050,5	187722,9	123696,6	174525,3	182819,0	129945,6	7582,52
6	121241,5	171061,4	133050,5	187722,9	178282,1	127181,5	16179,19
7	92474,14	130473,1	121241,5	171061,4	156693,6	112958,1	17195,53
8	55456,16	78243,88	92474,14	130473,1	125265,8	92264,38	8632,73
9	19693,86	27786,34	55456,16	78243,88	80252,49	62752,68	0,0
10	-227,33	-320,75	19693,86	27786,34	20562,97	24311,52	0,0



SEZIONE A-A' – STATO DI PROGETTO CONDIZIONE STATICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	8,48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	76,28 m
Ascissa vertice destro superiore xs	90,41 m
Ordinata vertice destro superiore ys	164,49 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	16,6	3,2
3	27,5	7,2
4	30,8	9,0
5	37,0	13,8
6	42,0	13,8
7	63,0	30,0
8	68,5	30,0
9	102,0	58,0
10	107,0	58,0
11	117,0	66,0
12	122,0	66,0
13	131,0	71,0
14	140,0	72,0
15	152,6	72,0
16	178,0	72,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-0,7	-5,63
2	32,02	-0,08
3	49,21	7,41
4	121,02	59,81
5	140,85	68,0

6	179,25	69,0
---	--------	------

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	32,81	-1,63
3	48,72	4,49
4	121,53	57,1
5	148,44	72,0
6	178,0	72,0

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	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0,1		45	2100	2200	Ravaneto
2	0,7		44	2700	2700	Marmi

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	37,5	13,7	41,5	13,7	1,2
2	64	30	68	30	1,2
3	103	58	107	58	1,2
4	118	66	122	66	1,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,18
Ascissa centro superficie	20,77 m
Ordinata centro superficie	133,62 m
Raggio superficie	120,5 m

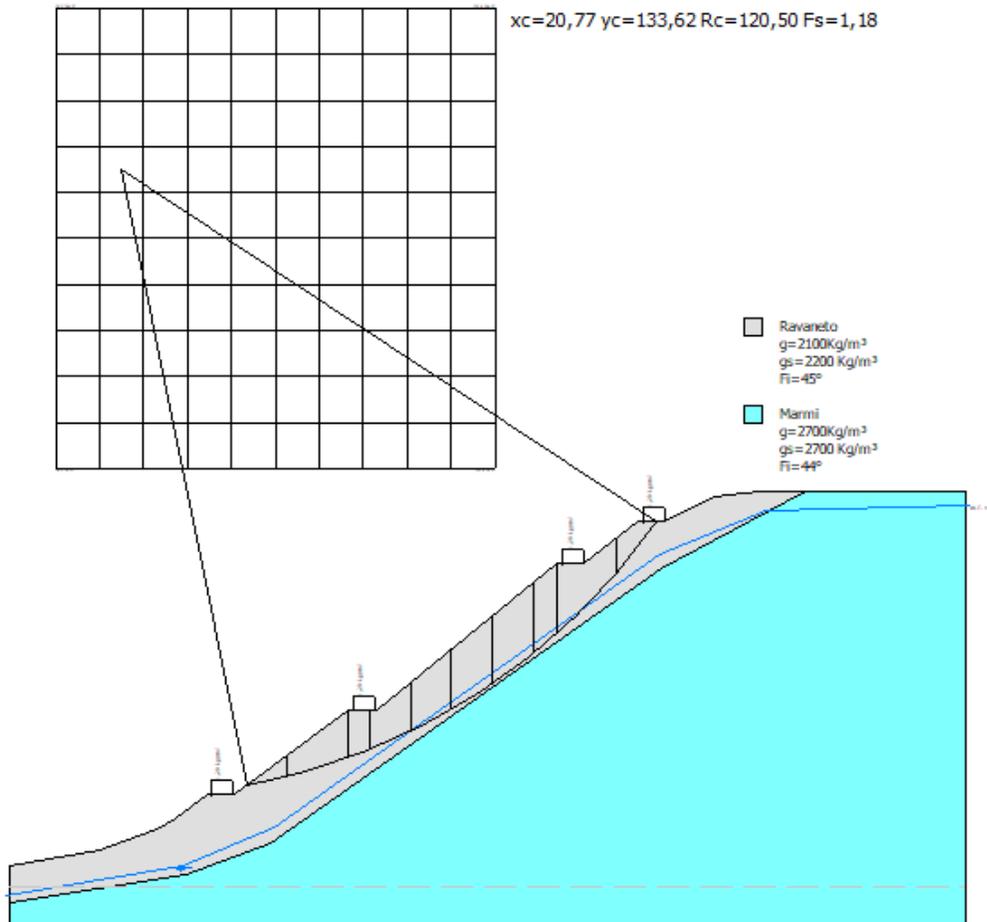
xc = 20,77 yc = 133,617 Rc = 120,501 Fs=1,184
 Lambda = 0,625

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	7,65	13,01	7,85	34217,16
2	11,3	17,7	11,86	162242,8
3	3,99	21,54	4,29	107017,3
4	7,65	24,56	8,41	139472,9
5	7,65	28,63	8,71	169310,0
6	7,65	32,86	9,1	199755,4

7	7,65	37,31	9,61	216386,7
8	4,42	40,99	5,86	126264,9
9	10,87	46,11	15,67	240916,6
10	7,65	52,85	12,66	110364,8

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	12507,2	20006,43	0,0	0,0	25656,43	20575,11	0,0
2	45294,21	72452,28	12507,2	20006,43	139272,0	92812,2	0,0
3	61650,8	98616,17	45294,21	72452,28	93935,77	60325,73	0,0
4	76246,22	121962,9	61650,8	98616,17	123285,4	80874,86	0,0
5	82077,88	131291,2	76246,22	121962,9	139953,7	91298,2	7032,04
6	76463,95	122311,2	82077,88	131291,2	149834,4	97606,77	14952,13
7	60155,7	96224,61	76463,95	122311,2	148399,3	97039,16	16593,08
8	46226,84	73944,12	60155,7	96224,61	81403,95	53592,21	7398,12
9	15780,46	25242,31	46226,84	73944,12	153007,3	103591,8	5,84
10	-2272,76	-3635,49	15780,46	25242,31	54525,65	41261,07	0,0



SEZIONE A-A' – STATO DI PROGETTO CONDIZIONE SISMICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	44,128276/10,233662
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	14,65 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	58,72 m
Ascissa vertice destro superiore xs	99,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	153,51 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 I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,56	2,44	0,24
S.L.D.	35,0	0,61	2,44	0,25
S.L.V.	332,0	1,62	2,41	0,28
S.L.C.	682,0	2,09	2,43	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,0752	0,2	0,0219	0,011
S.L.D.	1,1712	0,2	0,0239	0,0119
S.L.V.	3,0366	0,24	0,0743	0,0372
S.L.C.	3,5872	0,28	0,1024	0,0512

Coefficiente azione sismica orizzontale
Coefficiente azione sismica verticale

0,0743
0,0372

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	16,6	3,2
3	27,5	7,2
4	30,8	9,0
5	37,0	13,8
6	42,0	13,8
7	63,0	30,0
8	68,5	30,0
9	102,0	58,0
10	107,0	58,0
11	117,0	66,0
12	122,0	66,0
13	131,0	71,0
14	140,0	72,0
15	152,6	72,0
16	178,0	72,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-0,7	-5,63
2	32,02	-0,08
3	49,21	7,41
4	121,02	59,81
5	140,85	68,0
6	179,25	69,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	32,81	-1,63
3	48,72	4,49
4	121,53	57,1
5	148,44	72,0
6	178,0	72,0

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/cm ²)	Coesione non drenata	Angolo resistenza al	Peso unità di volume	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
--------	-----------------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------------	-----------	--

		(kg/cm ²)	taglio (°)	(Kg/m ³)			
1	0,1		45	2100	2200	Ravaneto	
2	0,7		44	2700	2700	Marmi	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	37,5	13,7	41,5	13,7	1,2
2	64	30	68	30	1,2
3	103	58	107	58	1,2
4	118	66	122	66	1,2

Risultati analisi pendio

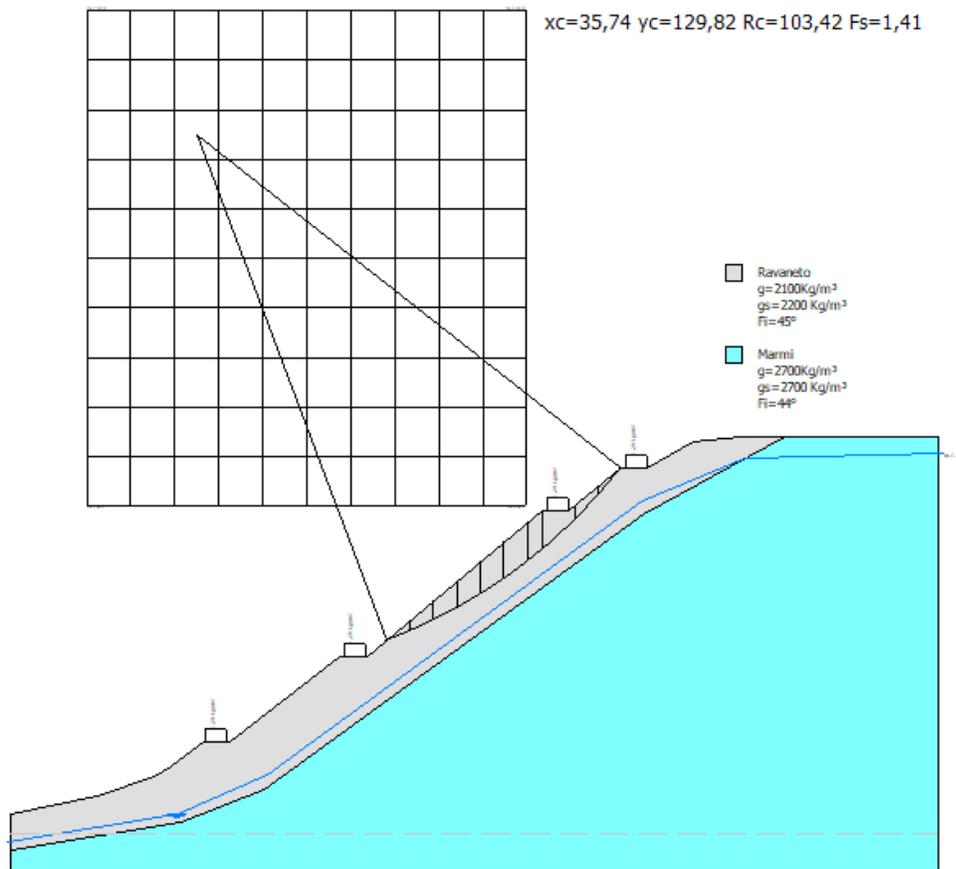
Fs minimo individuato	1,41
Ascissa centro superficie	35,74 m
Ordinata centro superficie	129,82 m
Raggio superficie	103,42 m

$x_c = 35,739$ $y_c = 129,816$ $R_c = 103,416$ $F_s = 1,413$
 $\lambda = 0,823$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	4,5	21,92	4,85	9516,79
2	4,5	24,64	4,95	26791,07
3	4,5	27,42	5,07	41594,06
4	4,5	30,27	5,21	53743,27
5	4,5	33,2	5,38	63010,62
6	4,5	36,24	5,58	69107,73
7	2,89	38,82	3,72	45959,24
8	6,11	42,13	8,24	111275,9
9	4,5	46,22	6,51	23368,73
10	4,5	49,96	7,0	10056,07

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	4622,97	5616,08	0,0	0,0	6701,15	8175,91	0,0
2	10603,82	12881,74	4622,97	5616,08	22020,5	19086,09	0,0
3	16014,69	19454,96	10603,82	12881,74	35096,09	28421,85	0,0
4	19493,18	23680,7	16014,69	19454,96	45256,76	35710,83	0,0
5	20172,86	24506,4	19493,18	23680,7	52004,37	40603,96	0,0
6	17648,26	21439,46	20172,86	24506,4	54999,35	42865,64	0,0
7	15286,42	18570,25	17648,26	21439,46	35042,8	27423,81	0,0
8	1356,2	1647,54	15286,42	18570,25	79029,41	61748,16	0,0
9	-483,6	-587,48	1356,2	1647,54	15177,49	15343,5	0,0
10	-9,36	-11,37	-483,6	-587,48	6274,25	9391,72	0,0



SEZIONE C-C' – STATO ATTUALE CONDIZIONE STATICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-82,49 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	116,1 m
Ascissa vertice destro superiore xs	174,08 m
Ordinata vertice destro superiore ys	298,33 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	2,2	1,2
3	7,2	3,2
4	10,7	5,3
5	13,3	7,2
6	16,7	9,2
7	23,3	11,2
8	64,2	39,9
9	72,7	45,2
10	84,5	54,5
11	88,5	54,5
12	92,0	59,0
13	132,0	87,0
14	169,5	116,1
15	173,8	116,1
16	180,0	123,0
17	188,0	128,7
18	191,0	130,8
19	194,0	133,0
20	197,6	133,6
21	208,1	133,6
22	210,5	134,8
23	224,0	134,8
24	225,8	135,0
25	236,0	145,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,16
2	4,16	0,1
3	31,91	8,48
4	72,45	27,65
5	200,77	123,1
6	204,68	126,47
7	218,36	132,6
8	240,35	136,79

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,0
2	16,61	-1,47
3	34,61	4,92
4	40,49	7,12
5	62,48	17,8
6	88,51	34,19
7	168,44	95,81
8	212,41	129,12
9	225,4	132,78

10	230,73	137,44
11	231,84	140,92
12	236,0	145,0

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	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0,1		45	2100	2200	Ravaneto
2	0,7		44	2700	2700	Marmo

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,11
Ascissa centro superficie	20,14 m
Ordinata centro superficie	261,88 m
Raggio superficie	221,8 m

$x_c = 20,136$ $y_c = 261,883$ $R_c = 221,798$ $F_s = 1,106$

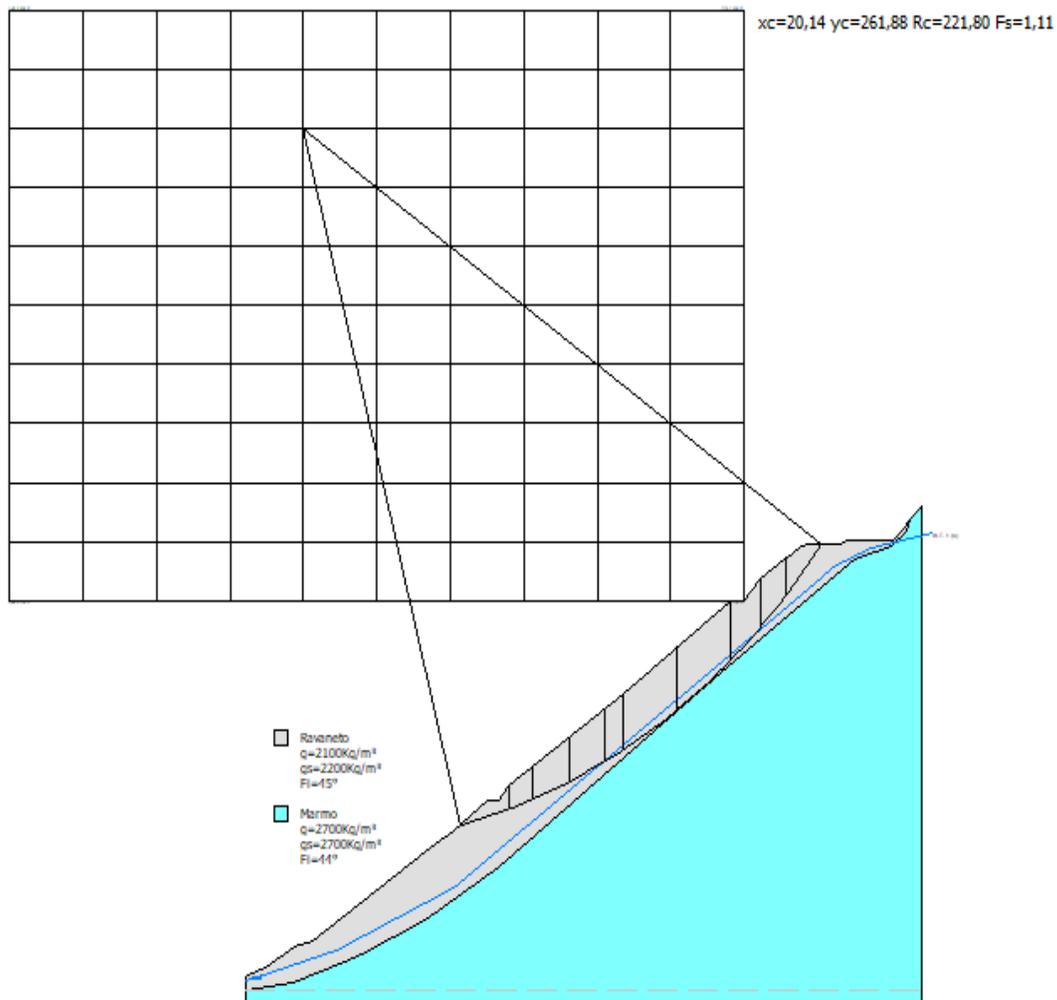
$\lambda = 0,661$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	17,07	16,6	17,81	156509,6
2	8,16	20,03	8,69	143365,7
3	12,61	22,92	13,69	305982,5
4	12,61	26,51	14,1	386184,3
5	6,61	29,31	7,58	225823,0
6	18,62	33,16	22,24	713299,6
7	18,88	39,18	24,36	758505,5
8	10,5	44,22	14,65	316234,1
9	8,46	47,74	12,58	237208,4
10	12,61	52,02	20,5	211619,0

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	45079,21	68165,8	0,0	0,0	126263,1	94777,63	0,0
2	77617,11	117367,5	45079,21	68165,8	120976,0	85299,09	0,0
3	125743,2	190140,6	77617,11	117367,5	265840,3	183892,7	0,0
4	164568,4	248849,5	125743,2	190140,6	337043,7	230997,6	0,0
5	175476,9	265344,6	164568,4	248849,5	187723,3	128481,2	6762,34
6	167265,0	252927,1	175476,9	265344,6	535766,1	367084,5	51432,68
7	107867,3	163109,7	167265,0	252927,1	503405,4	347192,0	57223,23

8	72802,47	110087,1	107867,3	163109,7	201670,5	142308,3	9382,0
9	44381,12	67110,2	72802,47	110087,1	146818,4	104859,3	0,0
10	12145,26	18365,27	44381,12	67110,2	111661,2	86939,3	0,0



SEZIONE C-C' – STATO ATTUALE CONDIZIONE SISMICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	44,128276/10,233662
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco

Analisi
Superficie di forma circolare

Condizione drenata

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-82,49 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	116,1 m
Ascissa vertice destro superiore xs	174,08 m
Ordinata vertice destro superiore ys	298,33 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 I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,56	2,44	0,24
S.L.D.	35,0	0,61	2,44	0,25
S.L.V.	332,0	1,62	2,41	0,28
S.L.C.	682,0	2,09	2,43	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,0752	0,2	0,0219	0,011
S.L.D.	1,1712	0,2	0,0239	0,0119
S.L.V.	3,0366	0,24	0,0743	0,0372
S.L.C.	3,5872	0,28	0,1024	0,0512

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0743
Coefficiente azione sismica verticale 0,0372

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	2,2	1,2
3	7,2	3,2
4	10,7	5,3

5	13,3	7,2
6	16,7	9,2
7	23,3	11,2
8	64,2	39,9
9	72,7	45,2
10	84,5	54,5
11	88,5	54,5
12	92,0	59,0
13	132,0	87,0
14	169,5	116,1
15	173,8	116,1
16	180,0	123,0
17	188,0	128,7
18	191,0	130,8
19	194,0	133,0
20	197,6	133,6
21	208,1	133,6
22	210,5	134,8
23	224,0	134,8
24	225,8	135,0
25	236,0	145,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,16
2	4,16	0,1
3	31,91	8,48
4	72,45	27,65
5	200,77	123,1
6	204,68	126,47
7	218,36	132,6
8	240,35	136,79

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,0
2	16,61	-1,47
3	34,61	4,92
4	40,49	7,12
5	62,48	17,8
6	88,51	34,19
7	168,44	95,81
8	212,41	129,12
9	225,4	132,78
10	230,73	137,44
11	231,84	140,92
12	236,0	145,0

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/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,1		45	2100	2200	Ravaneto	
2	0,7		44	2700	2700	Marmo	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,32
Ascissa centro superficie	20,14 m
Ordinata centro superficie	261,88 m
Raggio superficie	221,8 m

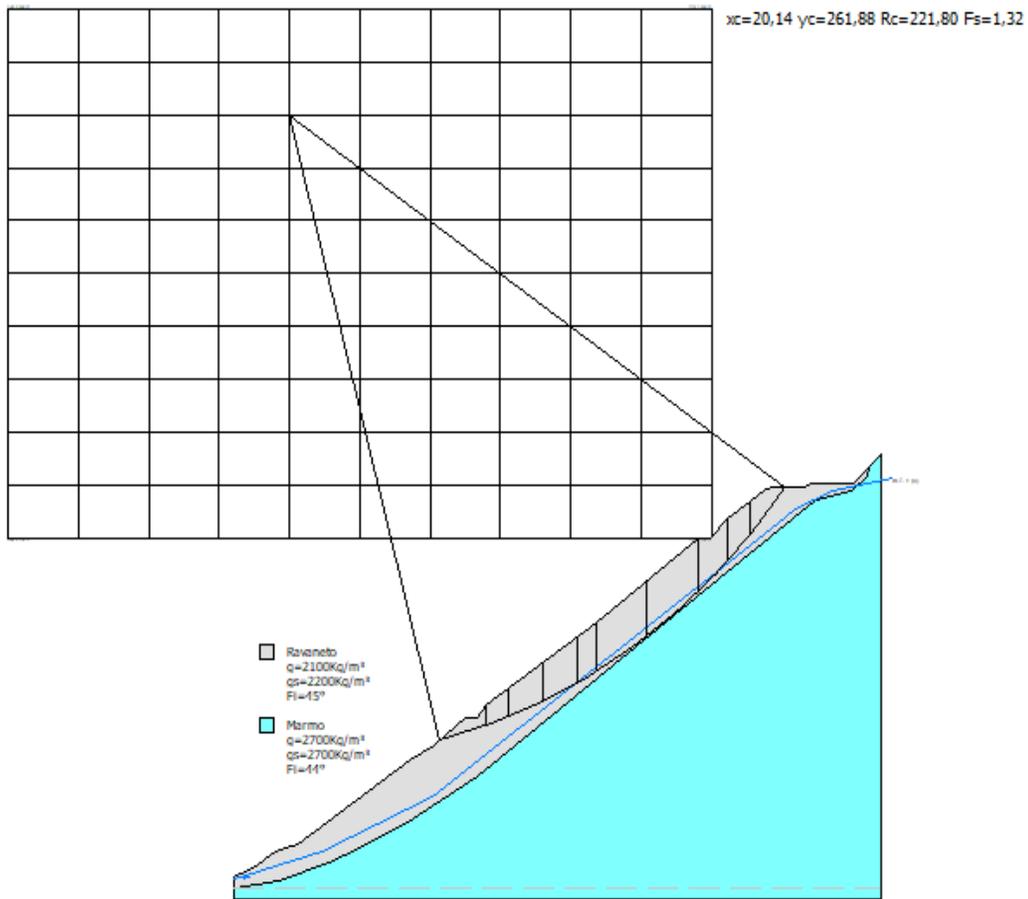
xc = 20,136 yc = 261,883 Rc = 221,798 Fs=1,323

Lambda = 0,747

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	17,07	16,6	17,81	156509,6
2	8,16	20,03	8,69	143365,7
3	12,61	22,92	13,69	305982,5
4	12,61	26,51	14,1	386184,3
5	6,61	29,31	7,58	225823,0
6	18,62	33,16	22,24	713299,6
7	18,88	39,18	24,36	758505,5
8	10,5	44,22	14,65	316234,1
9	8,46	47,74	12,58	237208,4
10	12,61	52,02	20,5	211619,0

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	59530,61	79715,92	0,0	0,0	117971,3	102638,3	0,0
2	101620,4	136077,4	59530,61	79715,92	115816,4	94114,48	0,0
3	162264,4	217284,1	101620,4	136077,4	259225,6	206305,5	0,0
4	209778,5	280909,1	162264,4	217284,1	331511,3	261250,6	0,0
5	222260,2	297623,0	209778,5	280909,1	185570,4	146006,7	6762,34
6	207857,8	278337,1	222260,2	297623,0	530414,0	417760,5	51432,68
7	131455,8	176029,2	207857,8	278337,1	494958,6	392563,3	57223,23
8	88135,77	118020,4	131455,8	176029,2	196150,8	159349,9	9382,0
9	53820,4	72069,53	88135,77	118020,4	141470,4	116448,1	0,0
10	15548,5	20820,6	53820,4	72069,53	105854,8	95510,27	0,0



SEZIONE C-C' – STATO DI PROGETTO CONDIZIONE STATICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-39,6 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	109,48 m
Ascissa vertice destro superiore xs	164,8 m

Ordinata vertice destro superiore ys	261,42 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	2,2	1,2
3	7,2	3,2
4	10,7	5,3
5	13,3	7,2
6	16,7	9,2
7	23,3	11,2
8	64,2	39,9
9	72,7	45,2
10	84,5	54,5
11	89,5	54,5
12	91,37	57,02
13	106,5	68,0
14	111,5	68,0
15	138,0	90,0
16	143,0	90,0
17	183,0	123,0
18	189,0	123,0
19	210,5	134,0
20	224,0	134,0
21	225,8	135,0
22	236,0	145,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,16
2	4,16	0,1
3	30,52	6,66
4	76,79	29,53
5	209,83	129,41
6	213,95	130,59
7	236,16	135,6

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,0
2	16,61	-1,47
3	34,61	4,92
4	40,49	7,12
5	62,48	17,8
6	88,51	34,19
7	168,44	95,81
8	212,41	129,12
9	225,4	132,78

10	230,73	137,44
11	231,84	140,92
12	236,0	145,0

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	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0,1		45	2100	2200	Ravaneto
2	0,7		44	2700	2700	Marmo

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	85	54,5	89	54,5	1,2
2	107	68	111	68	1,2
3	139	90	143	90	1,2
4	184,5	123	188,5	123	1,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,14
Ascissa centro superficie	62,6 m
Ordinata centro superficie	200,64 m
Raggio superficie	147,47 m

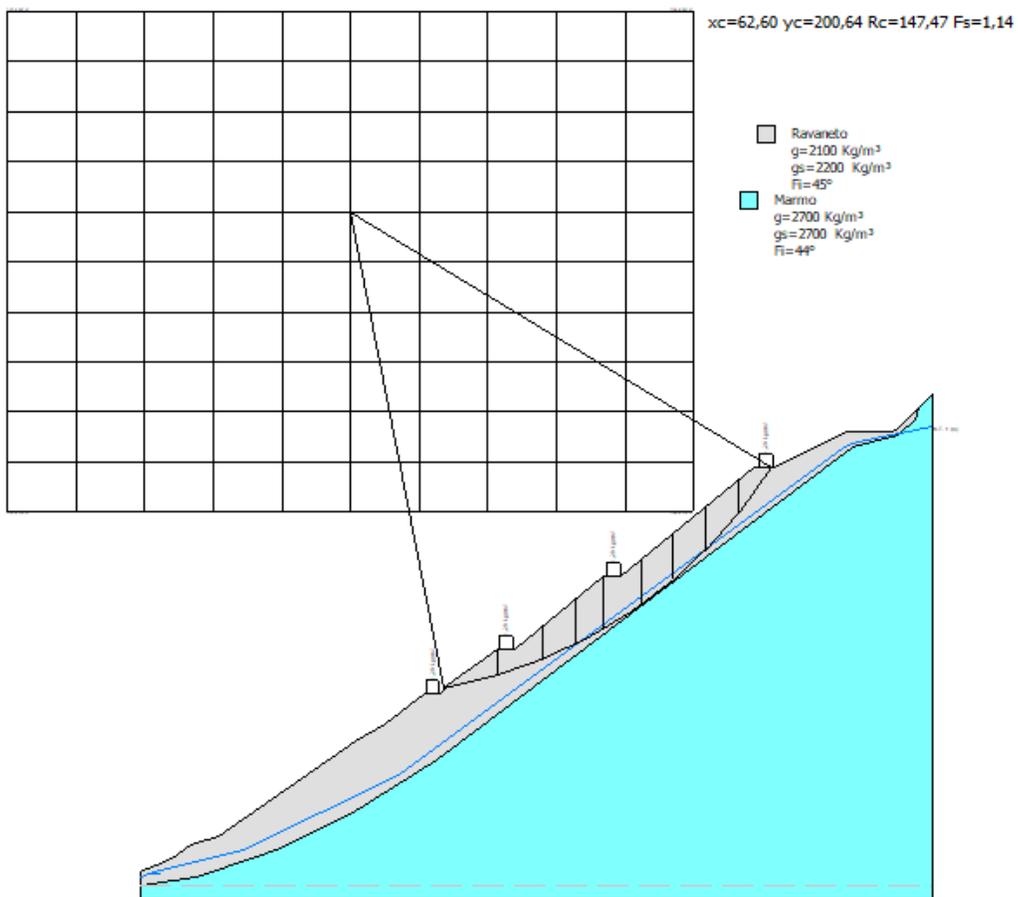
xc = 62,602 yc = 200,64 Rc = 147,466 Fs=1,145
 Lambda = 0,671

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0,88	11,07	0,89	929,71
2	15,13	14,28	15,62	152190,3
3	13,24	20,06	14,09	249424,5
4	9,75	24,88	10,75	246466,1
5	8,52	28,86	9,72	268900,9
6	10,98	33,3	13,14	351808,6
7	9,75	38,27	12,42	292342,3
8	9,75	43,28	13,39	284097,0
9	9,75	48,76	14,79	240943,3
10	9,75	54,93	16,97	191340,6

Sforzi sui conci

Nr.	Xi	Ei	Xi-1	Ei-1	N'i	Ti	Ui
-----	----	----	------	------	-----	----	----

	(Kg)						
1	5531,13	8244,34	0,0	0,0	-2932,07	-1295,63	0,0
2	53295,35	79438,51	5531,13	8244,34	118762,6	85362,52	0,0
3	100802,8	150250,0	53295,35	79438,51	213956,4	144862,9	0,0
4	129110,1	192442,9	100802,8	150250,0	215660,4	143821,2	0,0
5	141578,6	211027,8	129110,1	192442,9	225546,4	149451,7	7012,89
6	132712,2	197812,0	141578,6	211027,8	264326,4	176255,4	24958,27
7	107220,3	159815,5	132712,2	197812,0	193762,5	130972,2	25311,62
8	72608,16	108224,9	107220,3	159815,5	176409,3	120568,0	14724,63
9	37647,79	56115,31	72608,16	108224,9	142692,3	100037,1	0,0
10	1195,62	1782,12	37647,79	56115,31	86404,14	65665,33	0,0



SEZIONE C-C' – STATO DI PROGETTO CONDIZIONE SISMICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	44,128276/10,233662
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-39,6 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	109,48 m
Ascissa vertice destro superiore xs	164,8 m
Ordinata vertice destro superiore ys	261,42 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 I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,56	2,44	0,24
S.L.D.	35,0	0,61	2,44	0,25
S.L.V.	332,0	1,62	2,41	0,28
S.L.C.	682,0	2,09	2,43	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,0752	0,2	0,0219	0,011
S.L.D.	1,1712	0,2	0,0239	0,0119
S.L.V.	3,0366	0,24	0,0743	0,0372
S.L.C.	3,5872	0,28	0,1024	0,0512

Coefficiente azione sismica orizzontale
Coefficiente azione sismica verticale

0,0743
0,0372

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	2,2	1,2
3	7,2	3,2
4	10,7	5,3
5	13,3	7,2
6	16,7	9,2
7	23,3	11,2
8	64,2	39,9
9	72,7	45,2
10	84,5	54,5
11	89,5	54,5
12	91,37	57,02
13	106,5	68,0
14	111,5	68,0
15	138,0	90,0
16	143,0	90,0
17	183,0	123,0
18	189,0	123,0
19	210,5	134,0
20	224,0	134,0
21	225,8	135,0
22	236,0	145,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,16
2	4,16	0,1
3	30,52	6,66
4	76,79	29,53
5	209,83	129,41
6	213,95	130,59
7	236,16	135,6

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,0
2	16,61	-1,47
3	34,61	4,92
4	40,49	7,12
5	62,48	17,8
6	88,51	34,19
7	168,44	95,81
8	212,41	129,12
9	225,4	132,78
10	230,73	137,44
11	231,84	140,92

12	236,0	145,0
----	-------	-------

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/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0,1		45	2100	2200	Ravaneto
2	0,7		44	2700	2700	Marmo

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	85	54,5	89	54,5	1,2
2	107	68	111	68	1,2
3	139	90	143	90	1,2
4	184,5	123	188,5	123	1,2

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,37
Ascissa centro superficie	62,6 m
Ordinata centro superficie	200,64 m
Raggio superficie	147,47 m

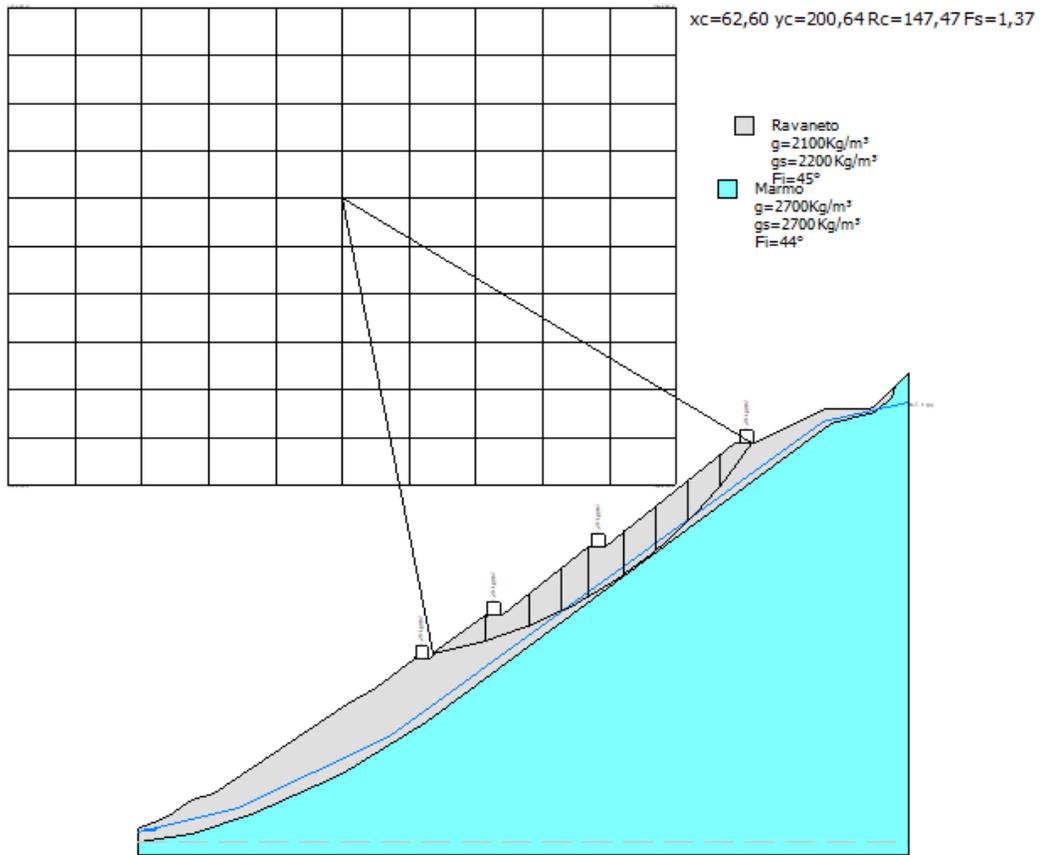
$x_c = 62,602$ $y_c = 200,64$ $R_c = 147,466$ $F_s = 1,374$
 $\lambda = 0,742$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0,88	11,07	0,89	929,71
2	15,13	14,28	15,62	152190,3
3	13,24	20,06	14,09	249424,5
4	9,75	24,88	10,75	246466,1
5	8,52	28,86	9,72	268900,9
6	10,98	33,3	13,14	351808,6
7	9,75	38,27	12,42	292342,3
8	9,75	43,28	13,39	284097,0
9	9,75	48,76	14,79	240943,3
10	9,75	54,93	16,97	191340,6

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	7744,49	10431,96	0,0	0,0	-4663,32	-2743,6	0,0

2	68994,31	92936,58	7744,49	10431,96	111181,0	92255,74	0,0
3	127372,4	171572,9	68994,31	92936,58	208788,8	162162,4	0,0
4	160895,4	216728,9	127372,4	171572,9	212787,8	162639,0	0,0
5	174256,0	234726,0	160895,4	216728,9	223598,6	169760,9	7012,89
6	160828,1	216638,3	174256,0	234726,0	262049,7	200221,7	24958,27
7	128215,3	172708,3	160828,1	216638,3	190763,5	147830,0	25311,62
8	85733,96	115485,2	128215,3	172708,3	171497,1	134521,4	14724,63
9	44150,72	59471,82	85733,96	115485,2	136569,5	110125,0	0,0
10	1772,23	2387,23	44150,72	59471,82	80010,5	70559,43	0,0



SEZIONE TIPO – VERIFICA LOCALE IN CONDIZIONE STATICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-14,85 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	21,42 m
Ascissa vertice destro superiore xs	26,37 m
Ordinata vertice destro superiore ys	49,8 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	15,0	13,7
3	20,0	13,7
4	35,0	27,4

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-14,0
2	35,0	13,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-18,0
2	35,0	9,0

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	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione	Coesione non	Angolo	Peso unità di	Peso saturo	Litologia
--------	----------	--------------	--------	---------------	-------------	-----------

	(kg/cm ²)	drenata (kg/cm ²)	resistenza al taglio (°)	volume (Kg/m ³)	(Kg/m ³)		
1	0,1		45	2100	2200	Ravaneto	
2	0,7		44	2700	2700	Marmo	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	15,5	13,7	19,5	13,7	1,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

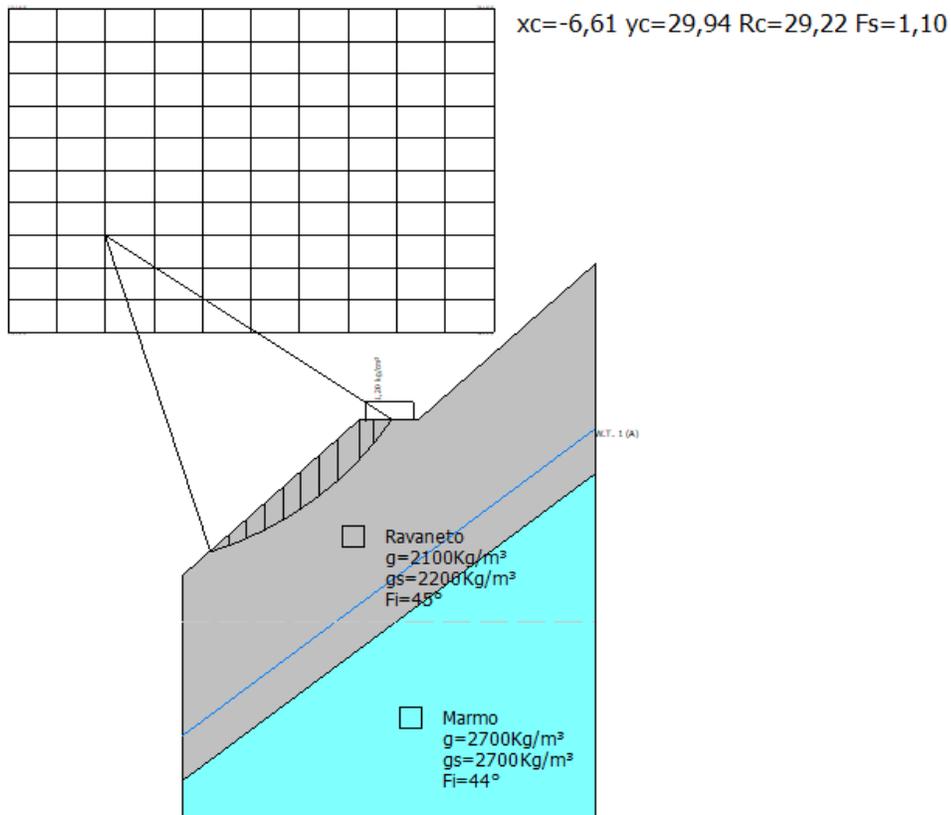
Fs minimo individuato	1,1
Ascissa centro superficie	-6,61 m
Ordinata centro superficie	29,94 m
Raggio superficie	29,22 m

xc = -6,607 yc = 29,937 Rc = 29,216 Fs=1,103
Lambda = 0,79

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1,54	19,39	1,63	1429,63
2	1,54	22,62	1,66	4053,61
3	1,54	25,93	1,71	6345,95
4	1,54	29,33	1,76	8279,61
5	1,54	32,85	1,83	9819,39
6	1,54	36,52	1,91	10918,73
7	1,54	40,37	2,02	11514,63
8	1,93	45,02	2,73	14394,58
9	1,14	49,42	1,76	14414,84
10	1,54	53,69	2,59	20761,19

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	1261,54	1595,92	0,0	0,0	688,38	1528,02	0,0
2	2848,36	3603,35	1261,54	1595,92	3049,09	3108,5	0,0
3	4419,95	5591,5	2848,36	3603,35	5163,11	4531,72	0,0
4	5729,14	7247,71	4419,95	5591,5	6888,24	5705,09	0,0
5	6607,18	8358,48	5729,14	7247,71	8114,16	6557,52	0,0
6	6956,23	8800,05	6607,18	8358,48	8757,43	7036,42	0,0
7	6748,73	8537,55	6956,23	8800,05	8760,99	7107,91	0,0
8	5567,5	7043,23	6748,73	8537,55	9952,72	8362,72	0,0
9	3773,24	4773,38	5567,5	7043,23	8819,89	6977,56	0,0
10	10,42	13,18	3773,24	4773,38	10685,46	8758,4	0,0



SEZIONE TIPO – VERIFICA LOCALE IN CONDIZIONE SISMICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	44,128276/10,233662
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-14,85 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	21,42 m
Ascissa vertice destro superiore xs	26,37 m
Ordinata vertice destro superiore ys	49,8 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 I
Vita nominale: 50,0 [anni]
Vita di riferimento: 35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: E
Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,56	2,44	0,24
S.L.D.	35,0	0,61	2,44	0,25
S.L.V.	332,0	1,62	2,41	0,28
S.L.C.	682,0	2,09	2,43	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,0752	0,2	0,0219	0,011
S.L.D.	1,1712	0,2	0,0239	0,0119
S.L.V.	3,0366	0,24	0,0743	0,0372
S.L.C.	3,5872	0,28	0,1024	0,0512

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0743
Coefficiente azione sismica verticale 0,0372

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	15,0	13,7
3	20,0	13,7
4	35,0	27,4

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-14,0
2	35,0	13,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-18,0
2	35,0	9,0

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/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0,1		45	2100	2200	Ravaneto
2	0,7		44	2700	2700	Marmo

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	15,5	13,7	19,5	13,7	1,2

Risultati analisi pendio

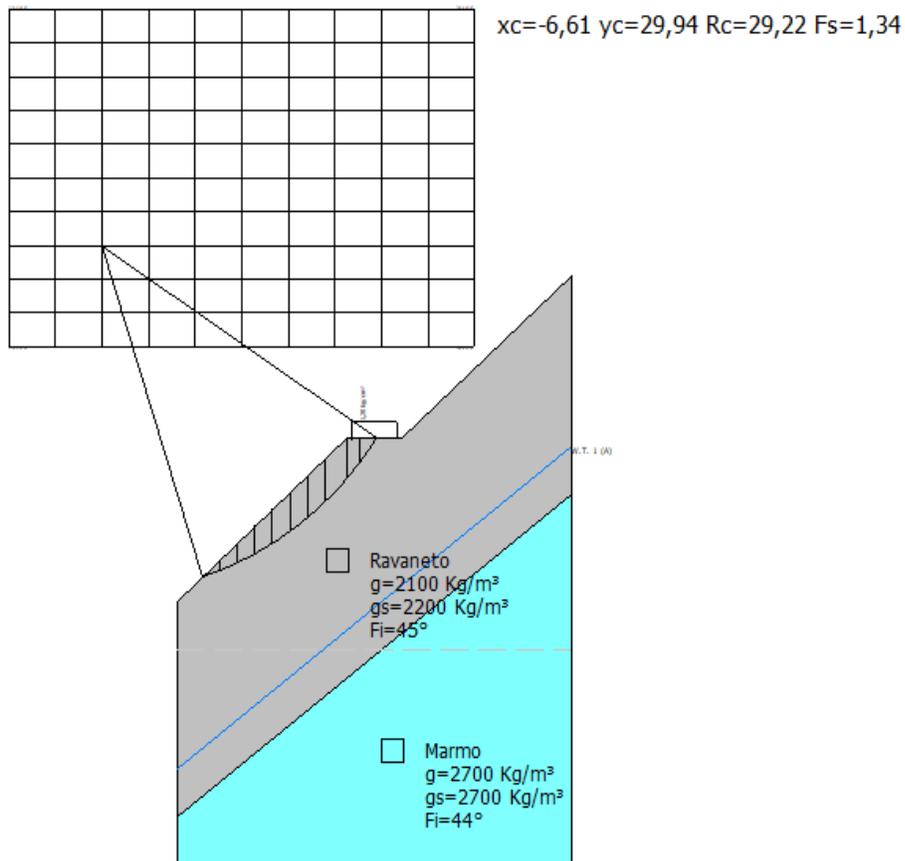
Fs minimo individuato 1,34
 Ascissa centro superficie -6,61 m
 Ordinata centro superficie 29,94 m
 Raggio superficie 29,22 m

xc = -6,607 yc = 29,937 Rc = 29,216 Fs=1,339
 Lambda = 0,887

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1,54	19,39	1,63	1429,63
2	1,54	22,62	1,66	4053,61
3	1,54	25,93	1,71	6345,95
4	1,54	29,33	1,76	8279,61
5	1,54	32,85	1,83	9819,39
6	1,54	36,52	1,91	10918,73
7	1,54	40,37	2,02	11514,63
8	1,93	45,02	2,73	14394,58
9	1,14	49,42	1,76	14414,84
10	1,54	53,69	2,59	20761,19

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	1690,95	1906,94	0,0	0,0	401,47	1515,86	0,0
2	3727,9	4204,05	1690,95	1906,94	2768,37	3309,99	0,0
3	5679,47	6404,9	3727,9	4204,05	4920,52	4949,93	0,0
4	7250,32	8176,39	5679,47	6404,9	6683,8	6306,97	0,0
5	8252,36	9306,42	7250,32	8176,39	7931,56	7288,45	0,0
6	8589,38	9686,48	8252,36	9306,42	8574,19	7830,22	0,0
7	8251,98	9305,99	8589,38	9686,48	8555,76	7894,74	0,0
8	6739,45	7600,26	8251,98	9305,99	9659,33	9249,68	0,0
9	4533,21	5112,23	6739,45	7600,26	8457,52	7629,8	0,0
10	9,85	11,11	4533,21	5112,23	10075,33	9461,15	0,0



SEZIONE G-G' – STATO ATTUALE CONDIZIONE STATICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	-21,5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	58,37 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	72,49 m
Ordinata vertice destro superiore y_s	107,67 m

Passo di ricerca
Numero di celle lungo x
Numero di celle lungo y

10,0
10,0
10,0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,4	0,0
3	8,4	6,1
4	23,0	6,1
5	25,5	9,6
6	31,4	9,8
7	50,3	17,0
8	62,8	25,0
9	77,5	35,0
10	97,4	45,0
11	119,9	55,0
12	126,7	56,0
13	127,3	97,0
14	140,0	98,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,45	-3,0
2	47,32	11,13
3	117,52	46,09
4	140,88	57,44

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,4	0,0
3	8,4	6,1
4	23,0	6,1
5	25,47	9,6
6	54,3	9,6
7	54,3	12,6
8	60,5	12,6
9	60,5	15,6
10	81,4	15,6
11	81,4	24,6
12	108,4	24,6
13	108,4	33,6
14	114,1	33,6
15	114,1	33,6
16	114,1	43,6
17	126,7	43,6
18	126,7	56,0
19	127,3	97,0
20	140,0	98,0

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	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.1		45	2100	2200	
2	0.7		44	2700	2700	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,36
Ascissa centro superficie	39,6 m
Ordinata centro superficie	80,55 m
Raggio superficie	69,54 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; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

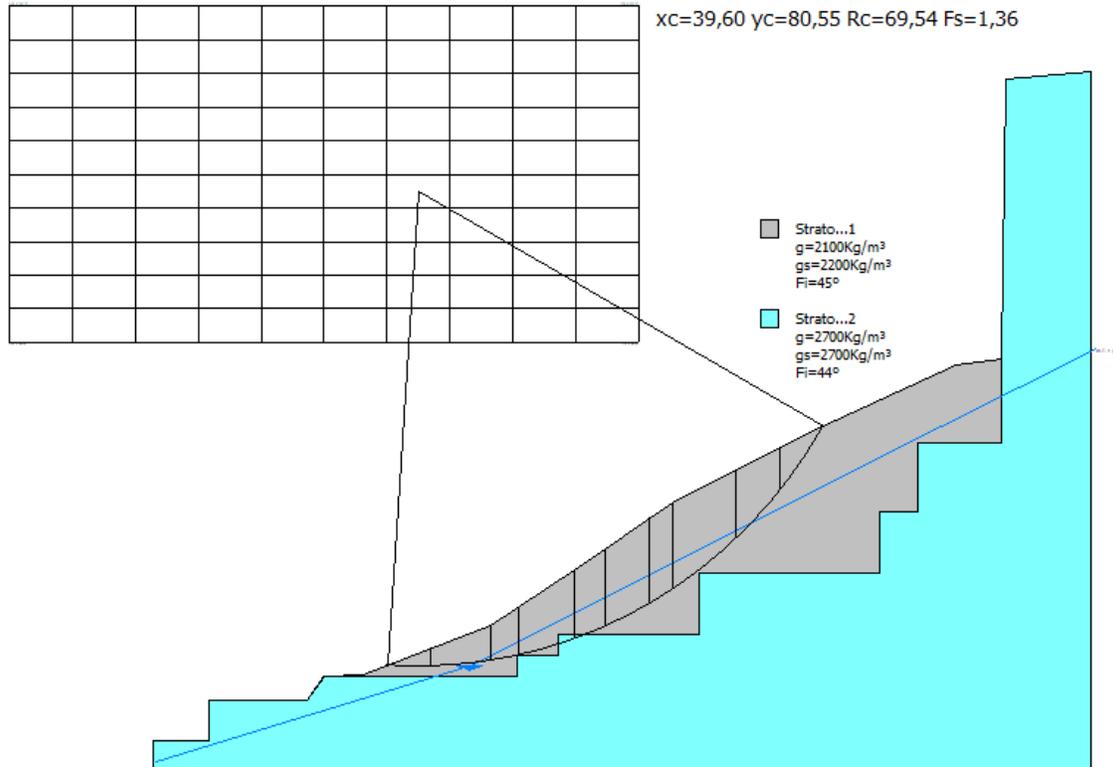
xc = 39,595 yc = 80,552 Rc = 69,544 Fs=1,364
 Lambda = 0,455

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	6,51	-1,13	6,51	18856,93
2	8,82	5,2	8,86	74577,35
3	4,2	10,61	4,27	54783,93
4	8,3	15,93	8,64	153830,8
5	4,71	21,58	5,07	108097,6
6	6,51	26,67	7,28	167339,1
7	3,48	31,35	4,08	94013,12
8	9,53	38,02	12,1	238180,3
9	6,51	46,94	9,53	115928,4
10	6,51	55,62	11,53	50528,86

Sforzi sui concii

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	8557,95	18828,28	0,0	0,0	9926,26	8763,98	0,0
2	28117,64	61861,41	8557,95	18828,28	58694,33	36020,44	0,0
3	36449,84	80193,01	28117,64	61861,41	42783,95	25091,15	6142,58
4	49664,25	109265,9	36449,84	80193,01	116402,5	66675,68	25763,73
5	50572,18	111263,5	49664,25	109265,9	79441,16	45063,66	19500,28

6	47065,55	103548,6	50572,18	111263,5	117027,6	66287,75	28756,94
7	39676,32	87291,58	47065,55	103548,6	61252,17	34835,59	14423,78
8	18930,5	41648,86	39676,32	87291,58	140782,8	81525,78	27639,6
9	5204,58	11450,57	18930,5	41648,86	66455,66	40519,88	0,0
10	-2234,75	-4916,65	5204,58	11450,57	19220,72	16395,49	0,0



SEZIONE G-G' – STATO ATTUALE CONDIZIONE SISMICA

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	44,128276/10,233662
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-21,5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	58,37 m

Ascissa vertice destro superiore xs	72,49 m
Ordinata vertice destro superiore ys	107,67 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 I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,56	2,44	0,24
S.L.D.	35,0	0,61	2,44	0,25
S.L.V.	332,0	1,62	2,41	0,28
S.L.C.	682,0	2,09	2,43	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,0752	0,2	0,0219	0,011
S.L.D.	1,1712	0,2	0,0239	0,0119
S.L.V.	3,0366	0,24	0,0743	0,0372
S.L.C.	3,5872	0,28	0,1024	0,0512

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0743
Coefficiente azione sismica verticale	0,0372

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,4	0,0
3	8,4	6,1
4	23,0	6,1
5	25,5	9,6
6	31,4	9,8
7	50,3	17,0
8	62,8	25,0
9	77,5	35,0
10	97,4	45,0
11	119,9	55,0
12	126,7	56,0
13	127,3	97,0

14	140,0	98,0
----	-------	------

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,45	-3,0
2	47,32	11,13
3	117,52	46,09
4	140,88	57,44

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	8,4	0,0
3	8,4	6,1
4	23,0	6,1
5	25,47	9,6
6	54,3	9,6
7	54,3	12,6
8	60,5	12,6
9	60,5	15,6
10	81,4	15,6
11	81,4	24,6
12	108,4	24,6
13	108,4	33,6
14	114,1	33,6
15	114,1	33,6
16	114,1	43,6
17	126,7	43,6
18	126,7	56,0
19	127,3	97,0
20	140,0	98,0

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/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.1		45	2100	2200	
2	0.7		44	2700	2700	

Risultati analisi pendio

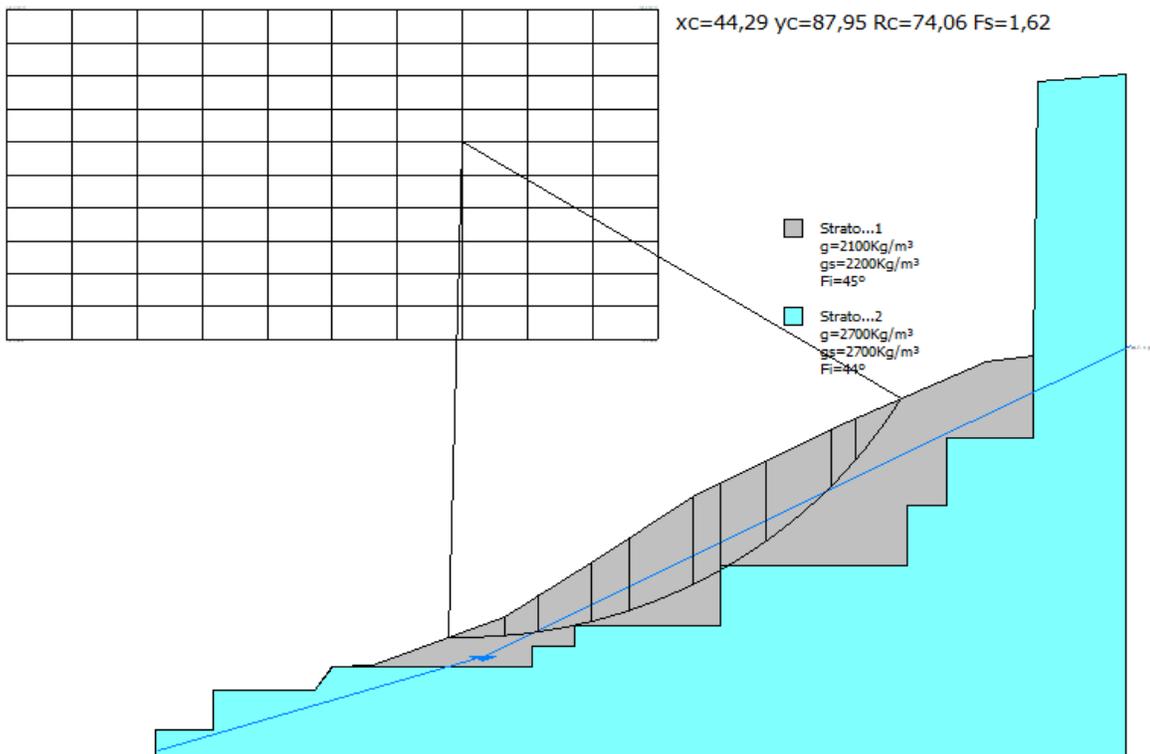
Fs minimo individuato	1,62
Ascissa centro superficie	44,29 m
Ordinata centro superficie	87,95 m
Raggio superficie	74,06 m

xc = 44,295 yc = 87,946 Rc = 74,059 Fs=1,622
 Lambda = 0,58

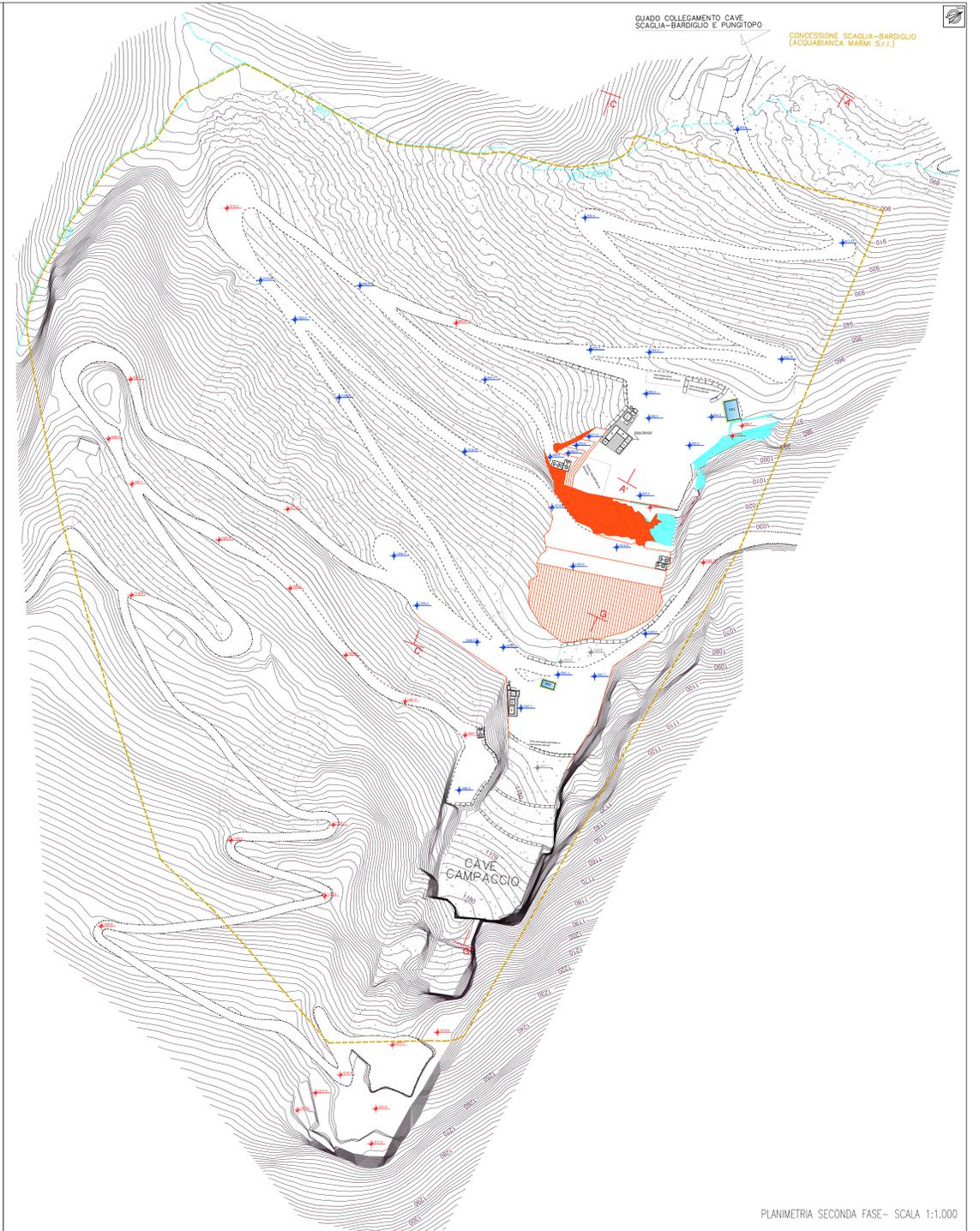
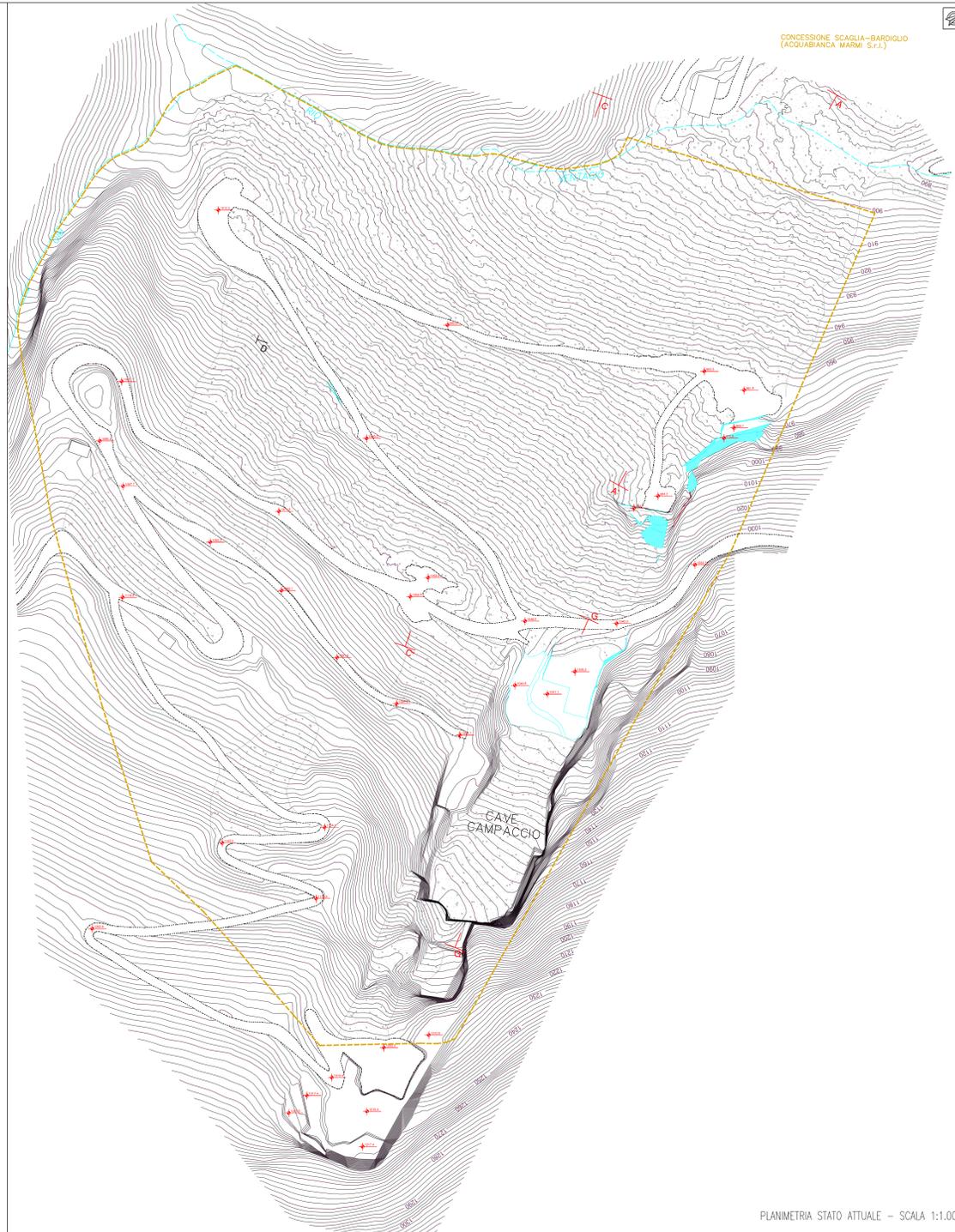
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	8,09	1,52	8,1	26264,43
2	4,99	6,59	5,02	44206,63
3	7,51	11,5	7,67	115180,8
4	5,57	16,72	5,82	117392,2
5	9,13	22,8	9,9	238629,6
6	3,95	28,38	4,49	111442,2
7	6,54	33,14	7,81	177445,9
8	9,41	40,99	12,46	213928,9
9	3,68	47,94	5,49	58134,58
10	6,54	54,41	11,24	47837,91

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	15585,79	26881,39	0,0	0,0	12311,73	12580,49	0,0
2	33060,09	57019,95	15585,79	26881,39	31272,77	22373,33	0,0
3	57382,13	98969,08	33060,09	57019,95	87601,37	58726,06	12043,14
4	68033,38	117339,7	57382,13	98969,08	90485,01	59364,1	17910,44
5	73505,59	126777,8	68033,38	117339,7	177922,5	115782,9	38696,85
6	64619,63	111451,8	73505,59	126777,8	78684,05	51273,57	17257,18
7	47666,99	82213,02	64619,63	111451,8	114983,5	75695,65	25232,07
8	17920,14	30907,52	47666,99	82213,02	123070,6	83546,25	17211,65
9	9691,6	16715,46	17920,14	30907,52	32166,66	23211,77	0,0
10	1309,36	2258,31	9691,6	16715,46	19106,28	18706,53	0,0



STUDIO DI GEOLOGIA Dott. Geol. Brunello FORFORI - Via VII Luglio 34, 54033 - CARRARA (MS)		TIMBRO
LAVORO PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA CAMPACCIO SITA NEL BACINO DI ACQUABIANCA - COMUNE DI MINUCCIANO - PROV. DI LUCCA		
COMITENTE ACQUABIANCA MARMI SRL Via Primo Tonini, 131-Fraz. Gramolazzo - Minucciano (LU)	OGGETTO RELAZIONE STABILITA' RAVANETI PLANIMETRIE CON UBICAZIONE SEZIONI GEOLOGICHE	
SCALA: 1 : 1.000	IL LEGALE RAPPRESENTANTE Sig. Cristoforo ACCOPPI	TAV R1
DATA: 31/03/2021		



LEGENDA

SECONI CONVENZIONALI

- Quote esterne in metri s.l.m. - stato attuale
- Quote esterne in metri s.l.m. - stato di progetto
- Quote dei piazzali sotto il detrito espresse in metri s.l.m.
- Servizi vari di supporto al cantiere:
 - C - carburante
 - D - deposito oli/grassi
 - O - officina
 - S - spogliatoio
 - M - mensa
 - B - bagno
 - Ca - compressore
 - G - generatore
- Area in disponibilità
- Manufatti/ruderi
- Limite viabilità e piazzali
- Blocchi/massi con funzione di protezione e/o contenimento
- Bancate e tagli obliqui
- Dighe tecniche
- Estensione massima sottoteccia
- Interventi progettati a cielo aperto
- Fronti e piazzali preesistenti riutilizzati durante i lavori di progetto
- Depositi di temporaneo stoccaggio acque chiare
- Disoleatore
- Area cordolata con sottofondo impermeabilizzato
- Reti verticali di protezione
- Traccia delle sezioni geologiche utilizzate per verifica di stabilità del ravaneto inferiore
- Traccia della sezione geologica utilizzata per verifica di stabilità del ravaneto superiore
- Detrito (ravaneti e depositi temporanei derivati)
- Formazioni lapidee (marmi s.s., marmi dolomiti, etc.)