

REGIONE
PIEMONTE

PROVINCIA DI
CUNEO

COMUNE DI ACCEGLIO

PSR 2014-2020 - MIS. M4
OPERAZIONE 4.3.4

INFRASTRUTTURE PER L'ACCESSO E LA
GESTIONE DELLE RISORSE PASTORALI

ALPEGGI VALLONE DEL MOLLASCO
AD ACCEGLIO

Redatto da:				
Codice:	MA225E02_0	MA225E02_1		
Data:	Marzo 2018	Dic. 2018		
Rev:	0	1	2	3

Note:

Fase progettuale:

PROGETTO ESECUTIVO

N° Elaborato

2

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Data:

Dicembre 2018

Scala:

Il Progettista:

Dott. Ing. Livio MARTINA

Consulenza specialistica:

Dott. Geol. Dario FONTAN



COMUNE DI ACCEGLIO

**PSR 2014-2020 - MIS. M4
OPERAZIONE 4.3.4**

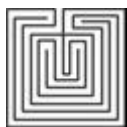
INFRASTRUTTURE PER L'ACCESSO E LA GESTIONE DELLE RISORSE PASTORALI

**ALPEGGI VALLONE DEL MOLLASCO
AD ACCEGLIO**

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geologica e geotecnica

dicembre 2018



Dott. Geol. Dario Fontan
Via Marino, 9
10064 – Pinerolo (TO)
Cell. 342-67-87-481
P.IVA 11438120013

CF: FNTDRA62C29L013M

mail: geolfontan@gmail.com

PEC: dario.fontan@epap.sicurezzapostale.it



INFRASTRUTTURE PER L'ACCESSO E LA GESTIONE DELLE RISORSE PASTORALI
ALPEGGI VALLONE DEL MOLLASCO AD ACCEGLIO
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Indice generale

1. Premessa.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TERRITORIALE.....	3
2.1 Complesso Brianzone.....	3
2.2 Zona Piemontese.....	4
3. Quaternario.....	4
4. Geologia dell'area di progetto.....	4
5. Geomorfologia.....	4
6. Valanghe.....	8
7. Idrogeologia.....	9
8. Valutazione della pericolosità sismica di base.....	9
9. Determinazione dei valori caratteristici.....	10
9.1 Coltre colluviale.....	10
9.2 Riporto.....	10
9.3 Terre armate e scogliere.....	10
9.4 Substrato roccioso.....	10
10. VERIFICHE DI STABILITÀ.....	12
10.1 Sezione 7.....	14
10.2 Sezione 18.....	16
10.3 Sezione 23.....	19
10.4 Sezione 25.1.....	21
10.5 Sezione 29.....	23
10.6 Analisi dei risultati delle analisi di stabilità.....	25
11. Conclusioni.....	25

1. PREMESSA

La presente relazione è stata commissionata dal comune di Acceglio per accedere al bando FEASR – FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE, Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020, relativamente alla realizzazione di un tratto di pista forestale per accedere in sicurezza alle loc. Gr.^e Varzio e Mad.^{na} delle Grazie (quota 1990 m slm circa) eludendo il passaggio sotto una zona ad rischio molto elevato di caduta massi ed accedendo dalle loc. Gr.^e Verzio (quota 1950 m slm circa) (Figura 1).

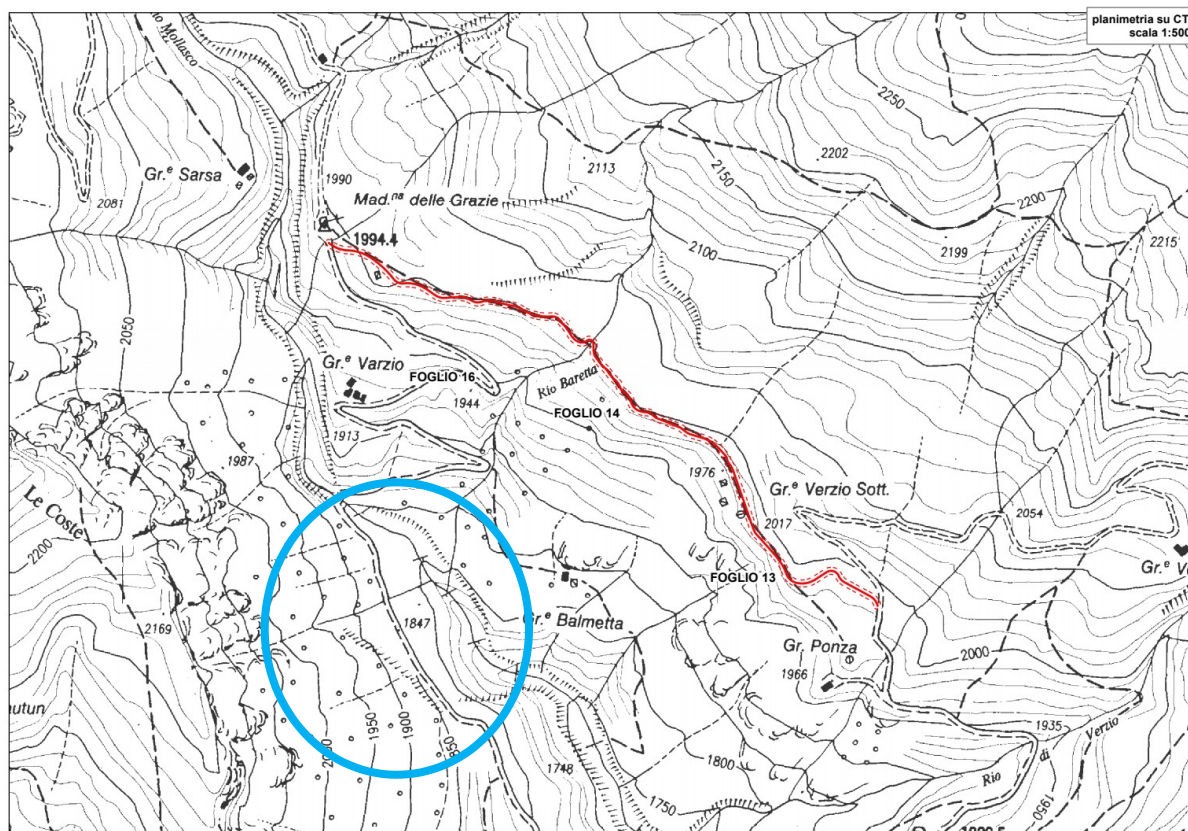


Figura 1 - Corografia e localizzazione della pista. Il cerchio blu indica la zona ad elevato rischio di caduta massi.

Per una più completa visione del progetto, si rimanda agli elaborati progettuali a firma dell'Ing. Livio Martina.

Nella Variante al Piano Regolatore Intercomunale di C.M. Variante 2003 di adeguamento al PAI la pista ricade nella classe IIIA in assenza di dissesto e per una limitata parte in IIIA con sottostante pericolosità Fq, come desumibile dalla tavola 4.1b del PRGC (Figura 2).

Nella classe IIIa in condizioni di dissesto idraulico ed idrogeologico Fq si applicano le norme dell'art. 9, comma 3, N. di A. del P.A.I.

Nelle aree ricadenti in classe IIIA sono ammessi i seguenti interventi:

-) interventi idraulici e di sistemazione ambientale e dei versanti, ripristino delle opere di difesa esistenti, atti a ridurre i rischi legati alla dinamica fluvio-torrentizia e alla dinamica dei versanti;

-) la realizzazione di opere ed impianti non altrimenti localizzabili quali rifugi, bivacchi, prese, captazioni, centraline idroelettriche, piste ed impianti per lo sci di fondo e discesa con relative infrastrutture e simili.

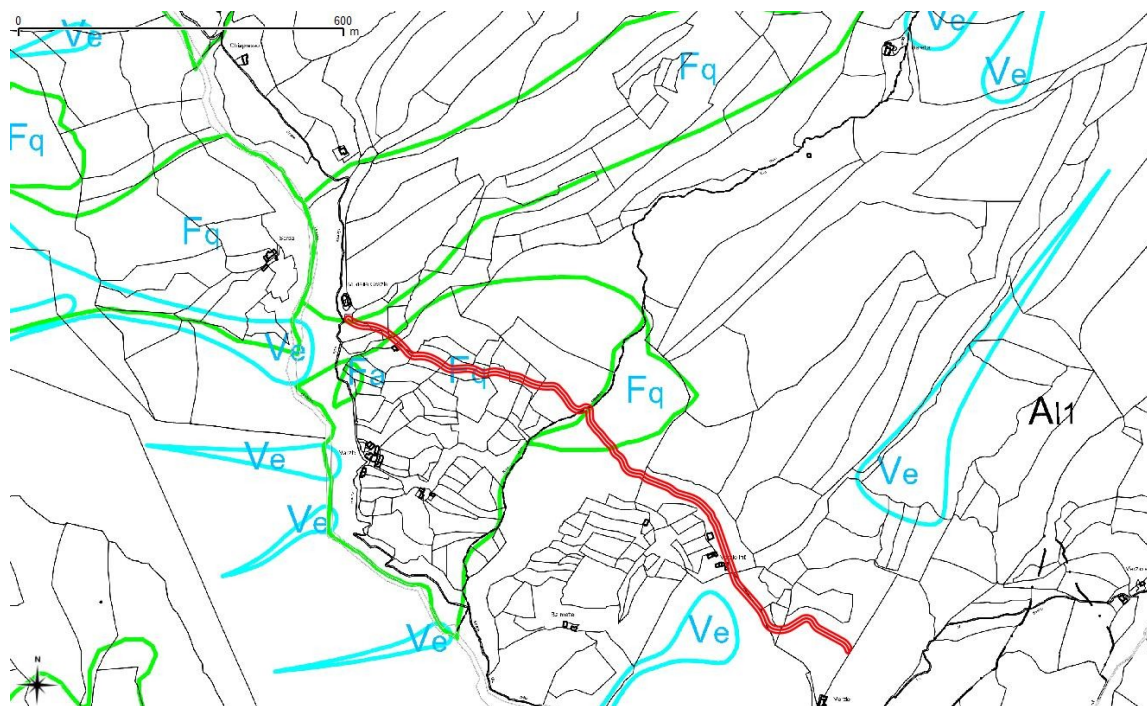


Figura 2 - Stralcio tavola 4.1b del PRGC con sovrapposizione schematica del tracciato della pista.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TERRITORIALE

Nel territorio comunale di Acceglio affiorano due tra i più importanti domini paleogeografici che costituiscono l'arco alpino occidentale: la Zona Piemontese, in posizione interna, e la Zona Brianzonese, in posizione esterna. La peculiarità dell'area di Acceglio è dovuta al fatto che i calcescisti della Zona Piemontese sono inclusi entro le rocce quarzitiche e carbonatiche del Brianzonese a causa del "retroscorrimento" delle strutture alpine precoci. Il risultato è una struttura geologica molto complessa con pieghe e sovrascorrimenti di tipo duttile a cui si aggiungono le deformazioni fragili, principalmente per faglie, che hanno accomodato le fasi quaternarie di innalzamento e distensione della catena alpina.

2.1 Complesso Brianzonese

Con il nome di Complesso Brianzonese è indicata una successione di età carbonifero-mesozoico-eocenica suddivisa in una zona più interna, costituente il substrato paleozoico, conosciuta come "Permo-Carbonifero Assiale", ed una zona più esterna, di copertura, con struttura molto complessa ed articolata, rappresentata da rocce di natura sedimentaria carbonatica di età mesozoico-eocenica. Le unità mesozoiche sono spesso scollate dal proprio substrato in corrispondenza del livello costituito da Carniole.

Gli affioramenti del Complesso Brianzonese si sviluppano lungo un'ampia fascia orientata NO-SE, che separa a grande scala il dominio delfinese, in posizione più esterna, dalla Zona Piemontese a NE.

2.2 Zona Piemontese

La Zona Piemontese, unità tettonica di origine oceanica, comprende prevalenti calcescisti, calcemicascisti, calcescisti filladici e filladi, con intercalazioni di marmi, marmi dolomitici e metadolomie; ai metasedimenti sono associate masse di ofioliti: serpentiniti, serpentinoscisti, cloritoscisti, scisti attinolitici, metagabbri e metabasalti.

3. QUATERNARIO

Sui versanti sono presenti depositi glaciali e depositi di origine detritico-colluviali. Le numerose tracce di modellamento glaciale (rocce montonate, circhi glaciali, conche di sovraescavazione, ecc.) sono il prodotto delle glaciazioni quaternarie, che interessarono l'area alpina durante tutto il Pleistocene (1.7 milioni-10.000 anni fa). I depositi detritico-colluviali derivano dalla rielaborazione per colluviazione ed eluviazione dei depositi glaciali e di quelli detritici.

4. GEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

L'intero vallone del Mollasco è costituito da calcescisti molto ricchi in componente argillosa, da cui il nome locale che hanno formato estesi depositi di origine colluviale e detritico-colluviali. Questi ultimi derivano anche dalla rielaborazione dei depositi glaciali.

Nel versante sinistro del vallone del Mollasco, in cui ricade la pista in progetto, la foliazione dei calcescisti è disposta a franapoggio.

5. GEOMORFOLOGIA

La particolare conformazione geologico strutturale del fianco sinistro del Vallone del Mollasco, con calcescisti con foliazione disposta a franapoggio, determina le condizioni favorevoli per il formarsi di frane per deformazione gravitativa profonda di versante (D.G.P.V.).

Le frane per D.G.P.V. sono fenomeni di movimento in massa in cui i meccanismi di deformazione sono tali che per la loro dinamica non necessitano di una superficie o zona di rottura continua. Si tratta di "fenomeni di movimento in massa in cui la presenza di un'eventuale superficie di scorrimento continua non è macroscopicamente evidente e non è necessario postularla per rendere conto delle deformazioni osservate sia in superficie sia in profondità. L'entità dello spostamento è piccola rispetto alle dimensioni del fenomeno. I meccanismi di deformazione sono quelli che per la loro dinamica non necessitano di una superficie o zona di rottura continua" (Sorriso-Valvo, 1995).

Il riconoscimento di questi fenomeni è avvenuto sulla base del sistematico rilievo di una serie di elementi morfologico-strutturali localizzati soprattutto nei settori di cresta e nella parte alta dei versanti:

- "tracce di superfici di movimento": depressioni allungate, aventi sviluppo longitudinale da decametrico ad ettometrico e trasversale da metrico a decametrico, determinate dall'intersezione del piano di scivolamento gravitativo con la superficie topografica. Questo elemento morfologico caratterizza i settori di cresta, a valle dei quali si sviluppano fenomeni di deformazione gravitativa profonda, nonché i margini laterali delle deformazioni stesse;

INFRASTRUTTURE PER L'ACCESSO E LA GESTIONE DELLE RISORSE PASTORALI ALPEGGI VALLONE DEL MOLLASCO AD ACCEGLIO

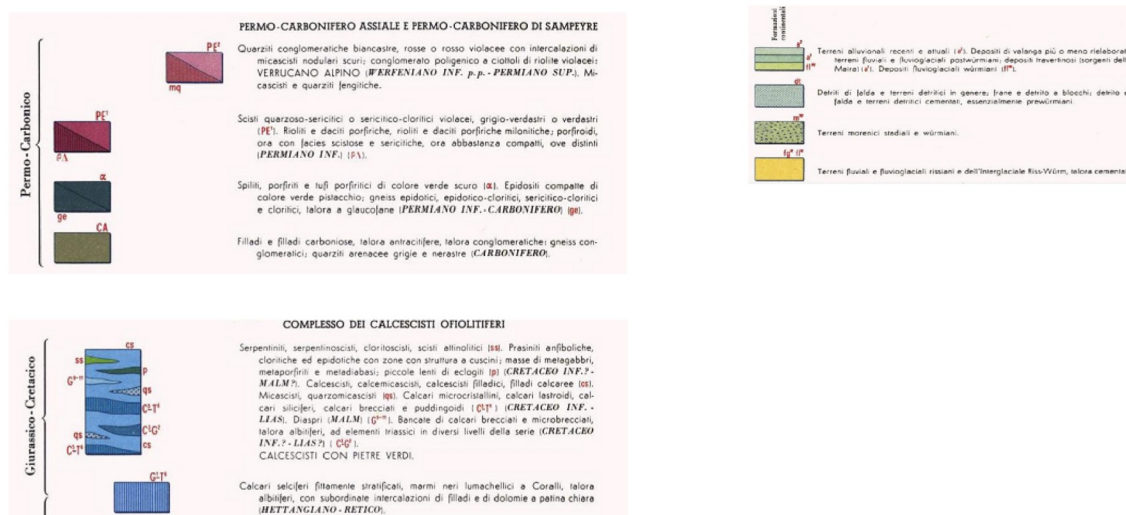
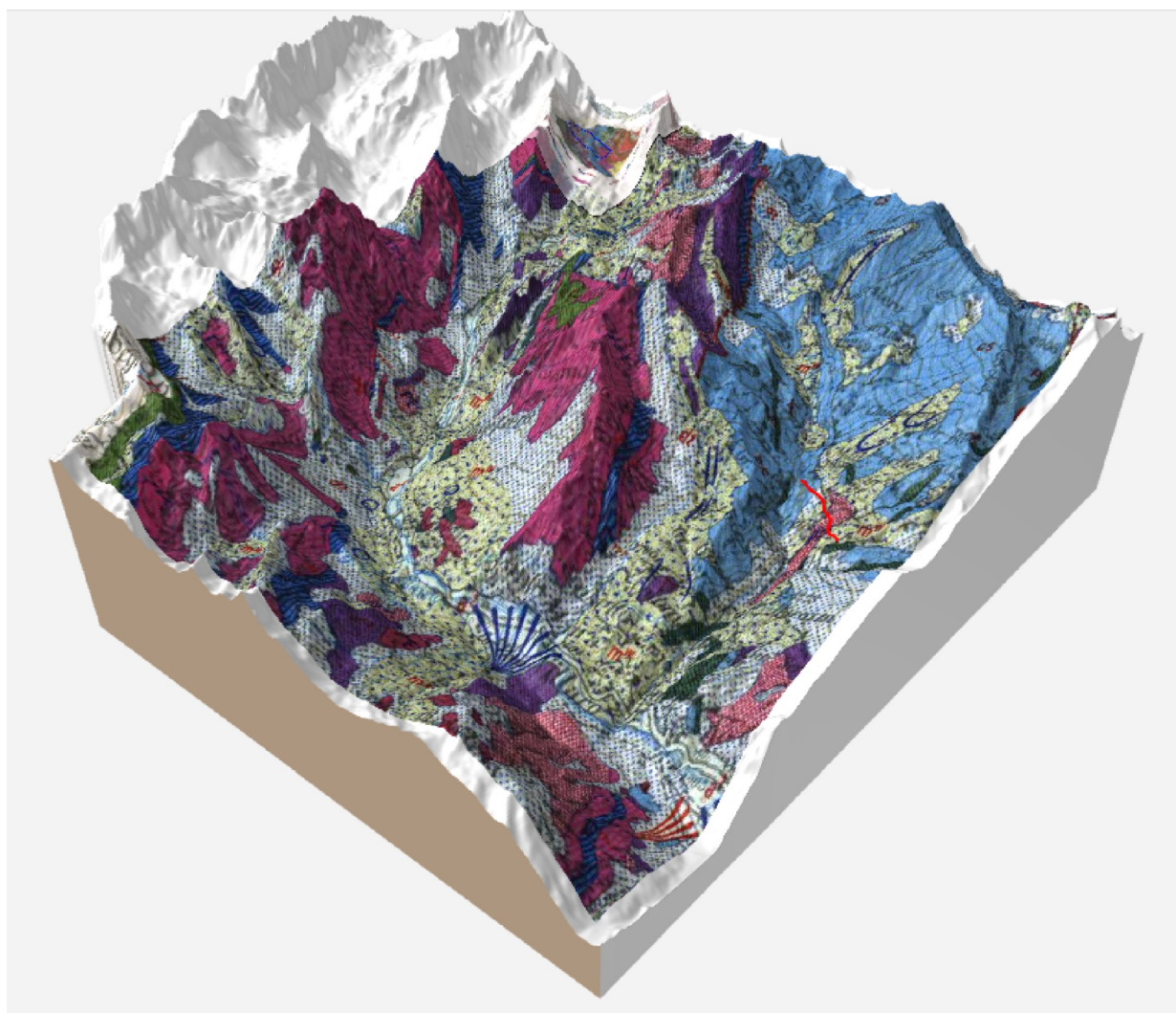


Figura 3 - Vista panoramica 3D della geologia dell'area tratta dal foglio geologico d'Italia alla scala 1/100000 n 78-76 "Argentera-Dronero". La linea rossa indicata la posizione indicativa della pista in progetto. In basso è riportato uno stralcio della legenda.

- “trincee”: di larghezza metrica o decametrica e con il fondo spesso riempito di materiale detritico. Rappresentano l'espressione morfologica superficiale di fratture aperte in profondità sviluppate longitudinalmente per decine o centinaia di metri;
- “depressioni chiuse”: avvallamenti subcircolari o subellittici, con asse di allungamento maggiore di dimensioni metriche o decametriche e profondità non superiore ad alcune decine di metri. Sono localizzate in aree caratterizzate da un elevato grado di allentamento del substrato roccioso e rappresentano generalmente il prodotto dell'evoluzione di trincee;
- “gradini di scivolamento”: rotture di pendenza del versante, generalmente nette, corrispondenti a ripidi gradini rocciosi, lungo le quali si sono verificate le dislocazioni del versante. A differenza del movimento con sola componente orizzontale, normale alla direzione, che caratterizza l'evoluzione dalla frattura alla trincea, nel gradino di scivolamento la componente di movimento relativo dei due blocchi di roccia è prevalentemente verticale e giace sul piano stesso di scivolamento;
- presenza di alcuni sistemi di fratture di estensione regionale, localmente pervasivi, che ne controllano nell'insieme i caratteri cinematici ed evolutivi.

Lungo gli spartiacque, la deformazione è espressa dallo sviluppo di una serie di sdoppiamenti di cresta per effetto di trincee e di depressioni chiuse con dislocazioni dei settori più elevati dei versanti. L'analisi geomorfologica del territorio evidenzia una coincidenza nell'orientazione dei più frequenti e persistenti elementi idrografici ed orografici con le principali direttrici degli elementi strutturali visibili a grande scala.

Le D.G.P.V. interessano estesi settori di versante, coinvolgendo in modo vario e con intensità variabile secondo una gamma completa di fenomeni l'originaria struttura del substrato ed anche l'originaria distribuzione altimetrica dei depositi quaternari.

L'innescò e la successiva evoluzione della D.G.P.V. possono essere attribuiti all'assetto litostrutturale del substrato roccioso e al forte approfondimento erosivo del fondovalle svolto dai ghiacciai nel corso del Pleistocene superiore ed al successivo approfondimento causato dall'erosione dei corsi d'acqua di fondovalle.

Il versante su cui insiste la pista in progetto è interessato da antichi movimenti gravitativi con riattivazioni recenti, quali rigonfiamenti dovuti a movimenti differenziali lenti e continui sia superficiali che profondi.

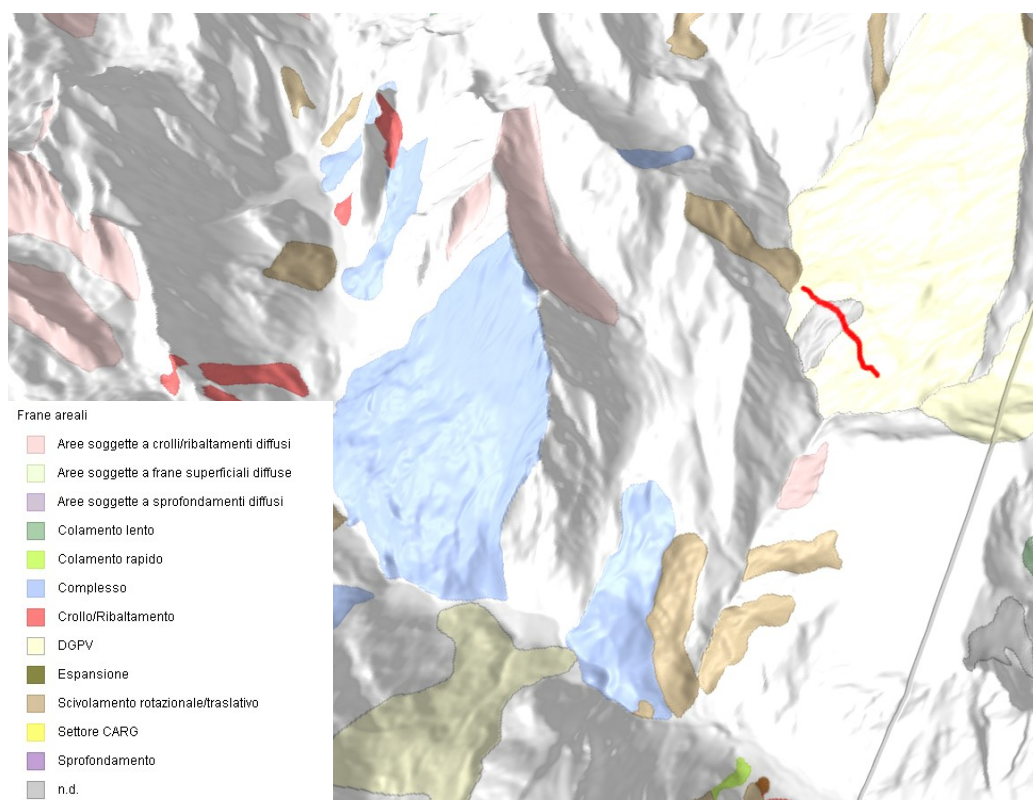


Figura 4 - Stralcio in 3D della cartografia SIFRAP (fonte ARPA Piemonte) elaborata con QGIS. La linea rossa indicata la posizione indicativa della pista in progetto e con stralcio della legenda.

Una stima dei movimenti del versante considerato può essere effettuata utilizzando i dati della tecnica interferometrica da satellite denominata PSInSAR™ (Figura 5). I punti assumono una diversa colorazione in funzione del loro abbassamento (i punti verdi sono stabili, quelli rossi indicano un abbassamento e quelli blu un rigonfiamento del versante).

L'indagine effettuata tramite tecnologia radar-satellitare PSInSAR™ permette di rilevare lo spostamento nel tempo di "oggetti" al suolo (tipicamente fabbricati o roccia esposta) che siano buoni riflettori radar. Si tratta di una tecnologia recente che permette di rilevare il movimento delle frane. Le elaborazioni sono state effettuate dalla Telerilevamento Europa TRE di Milano (spin-off del Politecnico di Milano) su immagini radar riprese dalle piattaforme satellitari europee ERS 1 ed ERS 2 tra il 1992 ed il 2001; tutte le informazioni fornite si riferiscono quindi a tale intervallo temporale. Il satellite ERS-1, che ha acquisito dati dal luglio 1991 al Marzo 2000, ed il suo successore ERS-2 che è invece operativo dall'estate del 1995, seguono orbite eliosincrone lievemente inclinate rispetto ai meridiani, illuminando, da una quota attorno a 780 km, una striscia di terreno (*swath*) larga circa 100 km. La stessa orbita nominale viene ripercorsa ogni 35 giorni (*revisiting time*), consentendo così di acquisire dati relativi alla stessa scena al suolo in tempi differenti.

Dalla figura si nota che nel versante su cui si snoda la pista in progetto non vi sono importanti evidenze di movimento.

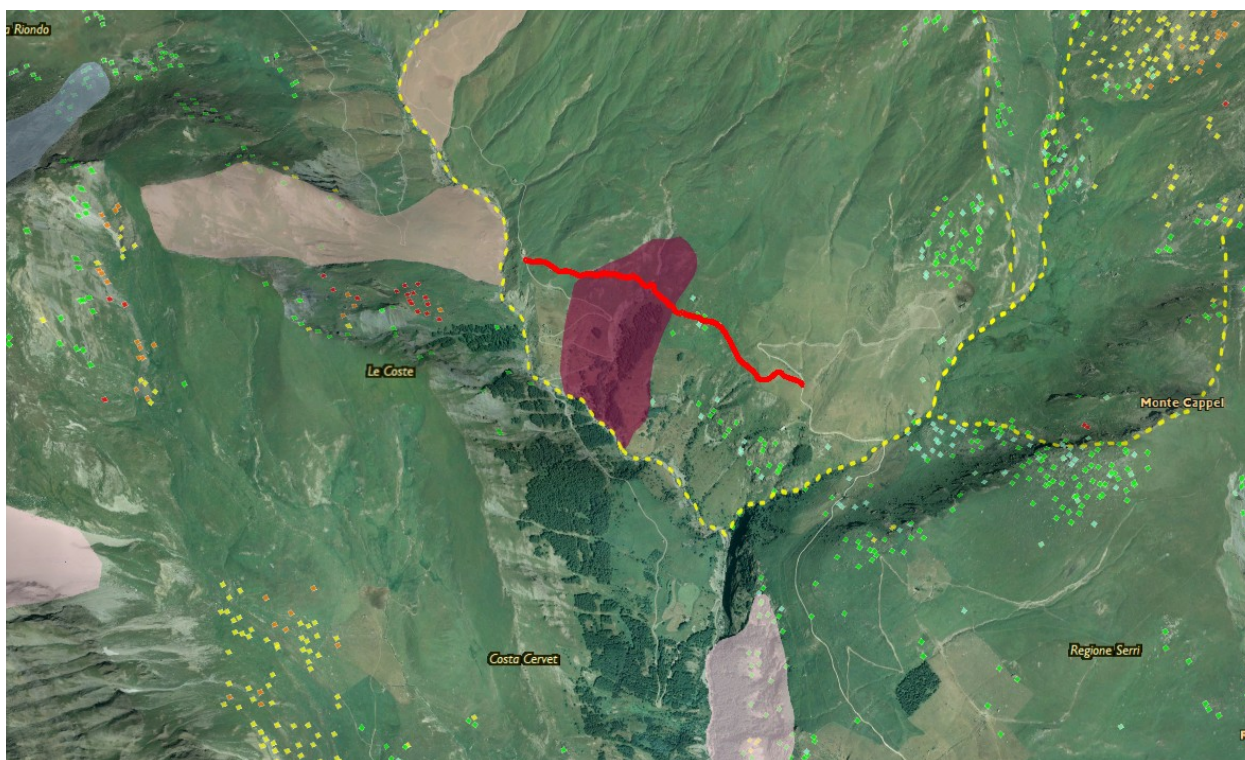


Figura 5 - Analisi interferometrica (ERS descending e ascending) della zona d'interesse. Punti verdi: stabile; giallo-arancione e rosso: da poco a molto instabile; punti blu: sollevamenti (non presenti). Fonte: Geo3d, ARPA Piemonte. In rosso lo sviluppo della pista.

6. VALANGHE

Come visibile dal sistema informativo Valanghe del Piemonte (S.I.VA) reso disponibile mediante sito web da ARPA Piemonte e dalle cartografie del PRGC (Figura 6) si evince che il versante lungo il quale si sviluppa la pista in progetto non è interessato da fenomeni valanghivi.



Figura 6 -Stralcio cartografia delle valanghe SIVA (Fonte: web ARPA Piemonte).

7. IDROGEOLOGIA

Gli acquiferi presenti nei versanti coinvolti da estesi movimenti D.G.P.V. hanno una geometria molto complessa determinata dalla complessità litostratigrafica dei terreni in frana. Generalmente sono presenti acquiferi che interessano sia l'ammasso roccioso fratturato e disarticolato sia i depositi detritico-colluviali coinvolti nel movimento. La permeabilità media per porosità e fratturazione è più elevata rispetto agli altri sistemi e l'acquifero ha una buona capacità di immagazzinamento idrico. Queste aree rappresentano zone di ricarica della falda che alimenta le sorgenti ubicate nella parte medio-bassa dei versanti. Si riconoscono anche acquiferi più superficiali presenti nella copertura detritica e colluviale spesso ubicati in corrispondenza di elementi geomorfologici legati alla dinamica dei versanti (sovrascorrimenti, limiti di frana, piede delle frane).

Lungo il versante interessato non si osservano significative emergenze idriche. Il flusso presente nel corpo della frana non influenza i lavori di movimento terra previsti dal progetto.

8. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.

Il comune di Acceglio ricade in zona 3 ai sensi della DGR 12 dicembre 2011 e n. 4-3084 del 19/01/2010 n. 11-13058. L'amplificazione topografica S_t pari a 1,2 (T2) e la categoria di sottosuolo è la "B". Ai sensi del DM 17 gennaio 2018 l'azione sismica del sito è riportata nella successiva tabella.

PRINCIPALI PARAMETRI SISMICI DEL SITO

SITO				WSG84 UTM32T		Geografiche WGS84	
Comune	Acceglio			Longitudine sito	339830,955	X	6,98497
Via_località	Baricentro pista			Latitudine sito	4930270,69	Y	44,50798
Zona sismica	3	ISTAT	1004001				

ID nodo	LON (°)	LAT (°)	LON (m)	LAT (m)	Distanza (m)	C	R
15780	6.963	44.556	338201.700	4935648.111	5618,81818	6	50
15781	7.033	44.560	343771.979	4935956.067	6917,74316	7	50
16002	6.968	44.506	338492.401	4930083.451	1351,58634	6	51
16003	7.038	44.510	344059.457	4930391.967	4230,24078	7	51

<table style="width: 100%;"> <tr><td>Vita nominale</td><td>50</td><td>[anni]</td></tr> <tr><td>Coefficiente d'uso</td><td>1</td><td>[adm]</td></tr> <tr><td>Periodo di riferimento</td><td>50</td><td>[anni]</td></tr> <tr><td>Amplificazione topografica</td><td>1.200</td><td>[adm]</td></tr> <tr><td>Categoria di sottosuolo</td><td>B</td><td>[adm]</td></tr> </table>	Vita nominale	50	[anni]	Coefficiente d'uso	1	[adm]	Periodo di riferimento	50	[anni]	Amplificazione topografica	1.200	[adm]	Categoria di sottosuolo	B	[adm]	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">SLE</th> <th colspan="2">SLU</th> </tr> <tr> <th>SLO</th> <th>SLD</th> <th>SLV</th> <th>SLC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tr [anni]</td> <td>30</td> <td>50</td> <td>475</td> <td>975</td> </tr> <tr> <td>ag [g]</td> <td>0.036</td> <td>0.047</td> <td>0.123</td> <td>0.158</td> </tr> <tr> <td>F0 [-]</td> <td>2.440</td> <td>2.427</td> <td>2.448</td> <td>2.454</td> </tr> <tr> <td>TC [s]</td> <td>0.200</td> <td>0.223</td> <td>0.280</td> <td>0.290</td> </tr> <tr> <td>β_s [s]</td> <td>0.240</td> <td>0.470</td> <td>0.380</td> <td>0.240</td> </tr> <tr> <td>Ss [s]</td> <td>1.200</td> <td>1.200</td> <td>1.200</td> <td>1.200</td> </tr> <tr> <td>S [-]</td> <td>1.440</td> <td>1.440</td> <td>1.440</td> <td>1.440</td> </tr> <tr> <td>a_{max} [g]</td> <td>0.051</td> <td>0.068</td> <td>0.177</td> <td>0.228</td> </tr> <tr> <td>k_h</td> <td>0.012</td> <td>0.032</td> <td>0.067</td> <td>0.055</td> </tr> <tr> <td>$k_{v(+)}$</td> <td>0.006</td> <td>0.016</td> <td>0.034</td> <td>0.027</td> </tr> </tbody> </table>					SLE		SLU		SLO	SLD	SLV	SLC	Tr [anni]	30	50	475	975	ag [g]	0.036	0.047	0.123	0.158	F0 [-]	2.440	2.427	2.448	2.454	TC [s]	0.200	0.223	0.280	0.290	β_s [s]	0.240	0.470	0.380	0.240	Ss [s]	1.200	1.200	1.200	1.200	S [-]	1.440	1.440	1.440	1.440	a_{max} [g]	0.051	0.068	0.177	0.228	k_h	0.012	0.032	0.067	0.055	$k_{v(+)}$	0.006	0.016	0.034	0.027
	Vita nominale	50	[anni]																																																																											
	Coefficiente d'uso	1	[adm]																																																																											
	Periodo di riferimento	50	[anni]																																																																											
	Amplificazione topografica	1.200	[adm]																																																																											
Categoria di sottosuolo	B	[adm]																																																																												
	SLE		SLU																																																																											
	SLO	SLD	SLV	SLC																																																																										
Tr [anni]	30	50	475	975																																																																										
ag [g]	0.036	0.047	0.123	0.158																																																																										
F0 [-]	2.440	2.427	2.448	2.454																																																																										
TC [s]	0.200	0.223	0.280	0.290																																																																										
β_s [s]	0.240	0.470	0.380	0.240																																																																										
Ss [s]	1.200	1.200	1.200	1.200																																																																										
S [-]	1.440	1.440	1.440	1.440																																																																										
a_{max} [g]	0.051	0.068	0.177	0.228																																																																										
k_h	0.012	0.032	0.067	0.055																																																																										
$k_{v(+)}$	0.006	0.016	0.034	0.027																																																																										

Zonazione sismogenetica ZS9	
909	
Alpi Occidentali	
ZS Mw max1	5,68
ZS Mw max2	6,14

Tabella 1 -Calcolo delle azioni sismiche di base ai sensi del DM 17 gennaio 2018.

9. DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI

9.1 Coltre colluviale

Sulla base dei sondaggi eseguiti sulla frana dei Serri, alla copertura detritico-colluviale che ricopre in modo continuo il corpo della frana DGPV sono stati assegnati i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

- angolo di attrito interno (ϕ_k) 36°
- peso dell'unità di volume (γ_k) 18 kN/m³
- coesione (c_k) 15 kPa

Il valore della coesione considera le forze coesive della frazione limoso-argillosa derivante dall'alterazione dei minerali fillosilicatici presenti nei calcescisti e delle porzioni di substrato roccioso, di dimensione plurimetrica, presenti nel corpo di frana.

9.2 Riporto

Al terreno di riporto sono stati assegnati i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

- angolo di attrito interno (ϕ_k) 34°
- peso dell'unità di volume (γ_k) 18 kN/m³
- coesione (c_k) 5 kPa

9.3 Terre armate e scogliere

Alle terre armate ed alle scogliere sono stati assegnati i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

- angolo di attrito interno (ϕ_k) 45°
- peso dell'unità di volume (γ_k) 18 kN/m³
- coesione (c_k) 200 kPa

9.4 Substrato roccioso

La caratterizzazione della resistenza al taglio degli ammassi rocciosi fratturati è stata valutata con il criterio di rottura di Hoek (2002) o “**sistema/metodo GSI**” che permette di utilizzare il metodo di verifica della stabilità mediante l'equilibrio limite in ammassi rocciosi fratturati in termini dei parametri ϕ' e c' , tenendo presente che il campo di applicazione della metodologia è limitato ai pendii in roccia dove non sono presenti instabilità e distacchi di natura strutturale.

Il sistema di classificazione GSI è basato sul presupposto che la massa rocciosa contenga un numero sufficiente di discontinuità orientate "casualmente" tali da comportarsi come massa isotropa omogenea. Da ciò deriva che uno dei principi base della meccanica delle rocce è che la resistenza meccanica di un ammasso roccioso nel suo insieme è generalmente più bassa rispetto a quello degli elementi di roccia intatta che lo compongono. La resistenza meccanica complessiva è infatti funzione della resistenza meccanica degli elementi di roccia intatta e di una serie di caratteristiche dell'ammasso:

- presenza e distribuzione di fessure e giunti;
- effetti di disturbo esterni quali scavi, trivellazione e uso di esplosivi;
- variabilità delle caratteristiche dell'ammasso alla scala dell'affioramento, indotta da discontinuità litologiche e strutturali: bande di alterazione e fasce milonitiche/cataclastiche, sistemi di faglie, alternanze con litologie diverse in formazioni in facies di flysch.

L'ammasso roccioso che si ipotizza di incontrare lungo la pista è costituito da calcescisti tettonicamente disturbati con pieghe e livelli filladici (figura 2). Si tratta di un'ipotesi a favore di sicurezza in quanto l'ammasso roccioso medio appare molto meno disturbato.

Per l'applicazione del criterio di rottura di Hoek et al (2002) è necessario determinare o stimare quattro parametri di base:

- 1) La resistenza a compressione uniassiale σ_{ci} (Mpa) degli elementi di roccia intatta, valutata solitamente mediante prove Point Load o assimilate. In mancanza di tali dati si è utilizzato il valore di 25 MPa (la roccia può essere rotta con un singolo colpo di martello).
- 2) L'indice geologico di resistenza GSI (adimensionale) che sintetizza le caratteristiche strutturali essenziali dell'ammasso. Sulla base dei lavori di Marinos (2010) è stato stimato un GSI medio di 45 valido per rocce carbonatiche, anche tettonicamente disturbate, con e senza intercalazioni di argilliti e siltiti (type "E" in figura 7).
- 3) La costante litologica m_i (adimensionale), che dipende dalla litologia dell'ammasso e stimabile da apposite tabelle, è stata posta pari a 8.
- 4) Il fattore di disturbo D (adimensionale) che variando da 0 a 1 rappresenta il grado di disturbo indotto da operazioni di scavo meccanico o esplosivi. Il fattore D è stato assunto pari a 0.



Figura 2 -Aspetto dei calcescisti incontrati lungo la pista. Fotografia ripresa lungo la pista esistente.

Utilizzando il software free ORMAS V1.0 i risultati del criterio di rottura di Hoek et al (2002) sono di seguito riportati:

Input Parameters

Intact Uni. Comp. Strength (σ_{ci}) = 25 MPa

GSI = 45

m_i = 8

Disturbance Factor (D) = 0

Intact Elastic Modulus (E_i) = 12000 MPa

Intact Uni. Comp. Strength (σ_{ci}) = 25 MPa

Application Type: Slope

σ_{3max} = 0.1710121455576386 MPa

Unit Weight = 0.026 MN/m³

Slope Depth = 7 m

Hoek-Brown Criterion:

m_b = 1.1220

s = 0.0022

a = 0.5081

Mohr-Coulomb Fit:

Cohesion (c) = 0.1690 MPa

Friction Angle (ϕ) = 54.50 deg

Rock Mass Parameters

Tensile strength (σ_{gt}) = -0.0494 MPa

Uni. Comp. Strength (σ_{gc}) = 1.1206 MPa

Global Strength (σ_{gcm}) = 3.5057 MPa

Modulus of Deformation (E_{rm}) = 2683.80 MPa

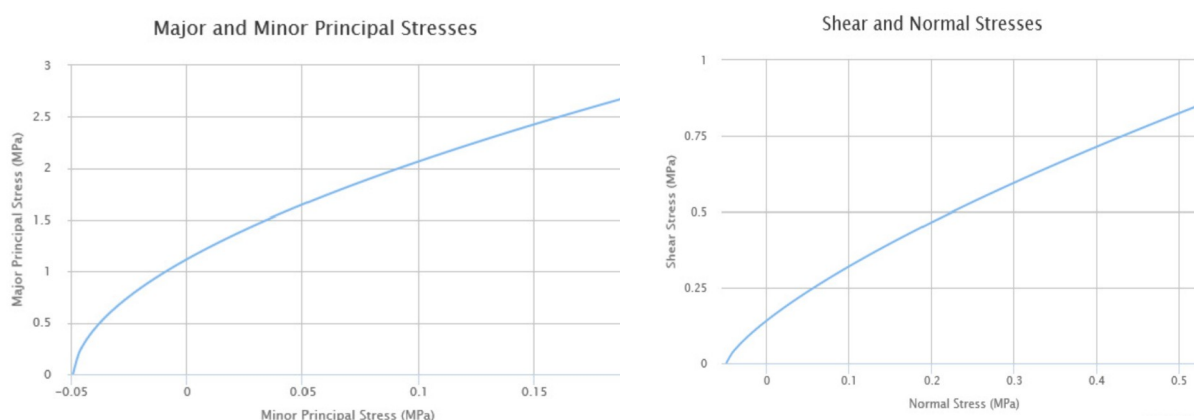


Figura 8 - Involuppi di Hoek Brown.

10. VERIFICHE DI STABILITÀ

Per valutare la stabilità della situazione attuale e della configurazione di progetto si è utilizzato il codice di calcolo automatico SSAP (*Slope Stability Analysis Program* versione 4.9.8).

Secondo le indicazioni contenute nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) devono soddisfare la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

essendo E_d il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e R_d il valore di progetto della resistenza del terreno. Le verifiche di stabilità sono state condotte assumendo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2), e tenendo conto delle azioni sismiche. I coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni e per i parametri geotecnici sono mostrati nella seguente figura

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE γ_f	(A1) STR	(A2) GEO	Parametro al quale applicare il CP	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)	coefficiente	R2
Permanenti (strutturali)	Favorevole	γ_{G1}	1,0	1,0	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25	γ_R	1,1
	Sfavorevole		1,3	1,0						
Permanenti portati ⁽¹⁾ (non strutturali)	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25		
	Sfavorevole		1,5	1,3						
Variabili	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4		
	Sfavorevole		1,5	1,3						
					γ	γ_γ	1,0 ¹⁶	1,0		

Figura 9 -Coefficienti parziali per le azioni e per i parametri geotecnici.

Per il metodo di calcolo si è utilizzato il metodo di ZHU et al. (2005) con l'applicazione del metodo dell'equilibrio limite di Morgenstern & Price (1965). Per la generazione delle superfici di scivolamento si è utilizzato il criterio *Convex Random Search* (CRS). Le ipotetiche superfici di scorrimento sono di forma poligonale. È stata attivata la funzione "tension crack" che consente di simulare le fratture verticali in genere visibili al coronamento.

Per la verifica sismica viene preso in considerazione lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Sono state quindi assunte le seguenti condizioni al contorno:

- Superficie di rottura di tipo poligonale;
- Falda assente
- Le verifiche sono state effettuate secondo le norme del DM 17 gennaio 2018 (combinazione A2+M2+R2);
 - coeff. A = 1,3
 - coeff. M = 1,25 per ϕ e M = 1,25 per la coesione
 - coeff. R = 1,1 (il pendio è stabile se $F_s > 1,1$);
- Le azioni sismiche orizzontali FH e verticali FV sono:
 - FH = 0,067
 - FV = $\pm 0,034$
- Non sono stati considerati gli effetti stabilizzanti delle opere di sostegno
- Il sovraccarico indotto dal passaggio di autoveicoli è stato stimato di circa 10 kPa.
- Sono state eliminate in modo automatico dal programma le superfici generate non rilevanti ai fini di una verifica di stabilità globale dato che interessano volumi ridotti del pendio.

Le analisi di stabilità sono state effettuate lungo le sezioni di progetto n. 7, 18, 23 e 25.1 considerate maggiormente rappresentative della situazione geologica e caratterizzate da differenti opere di stabilizzazione delle scarpate.

10.1 Sezione 7

La sezione di progetto è caratterizzata da una scarpata di monte ad elevata pendenza stabilizzata con geogriglia. Sono state analizzate solamente le superfici profonde e, a favore di sicurezza, il contributo stabilizzante della geogriglia non è stato considerato.

-----ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----					
# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *					
# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200					
Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.498	16.9	11.3	3.4	Surplus
2	1.504	17.8	11.8	3.6	Surplus
3	1.510	17.3	11.5	3.6	Surplus
4	1.514	17.3	11.4	3.6	Surplus
5	1.515	15.7	10.4	3.3	Surplus
6	1.516	18.0	11.9	3.7	Surplus
7	1.516	18.7	12.3	3.9	Surplus
8	1.517	18.9	12.5	4.0	Surplus
9	1.519	18.4	12.1	3.9	Surplus
10	1.521	17.6	11.6	3.7	Surplus
Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!					
Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m):				3.3	
Note: FTR --> Forza totale Resistente rispetto alla superficie di scivolamento (componente Orizzontale)					
FTA --> Forza totale Agente rispetto alla superficie di scivolamento (componente Orizzontale)					
IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata.					

Figura 10 -Sezione di progetto 7. Esito analisi di stabilità delle 10 superfici di scivolamento con Fs più basso (tra cui quella critica - n.1).

ALF. ESC. VALLEONE DEL MOLELLASSO AD ARCELETO



RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

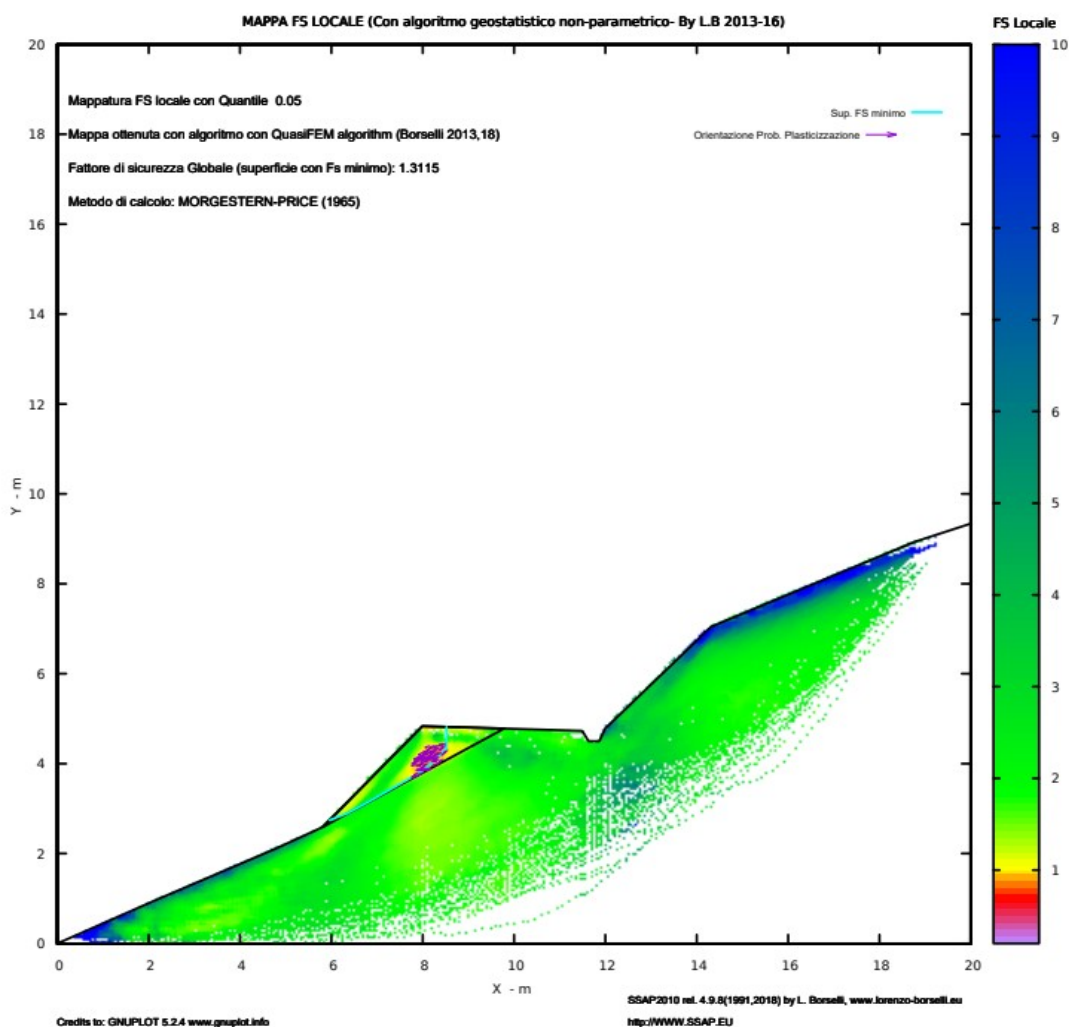


Figura 13 - Configurazione di progetto. Mappa dei F_s locali ottenuta con algoritmo Gauss Integration by QuasiFEM algorithm (Borselli 2013, 2016).

10.2 Sezione 18

La sezione di progetto 18 corrisponde alla classica sezione di sterro e riporto senza opere di sostegno o antierosione.

INFRASTRUTTURE PER L'ACCESSO E LA GESTIONE DELLE RISORSE PASTORALI ALPEGGI VALLONE DEL MOLLASCO AD ACCEGLIO

```

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----
# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *
# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

```

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.311	26.8	20.4	2.3	Surplus
2	1.313	25.0	19.0	2.2	Surplus
3	1.314	24.7	18.8	2.1	Surplus
4	1.321	24.8	18.8	2.3	Surplus
5	1.322	22.7	17.1	2.1	Surplus
6	1.323	26.4	19.9	2.4	Surplus
7	1.324	24.7	18.7	2.3	Surplus
8	1.325	24.2	18.2	2.3	Surplus
9	1.325	23.9	18.0	2.3	Surplus
10	1.326	23.9	18.0	2.3	Surplus

```

Esito analisi:  SURPLUS di RESISTENZA!
Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m):          2.1

```

Figura 14 - Sezione di progetto 18. Esito analisi di stabilità delle 10 superfici di scivolamento con Fs più basso (tra cui quella critica - n.1).

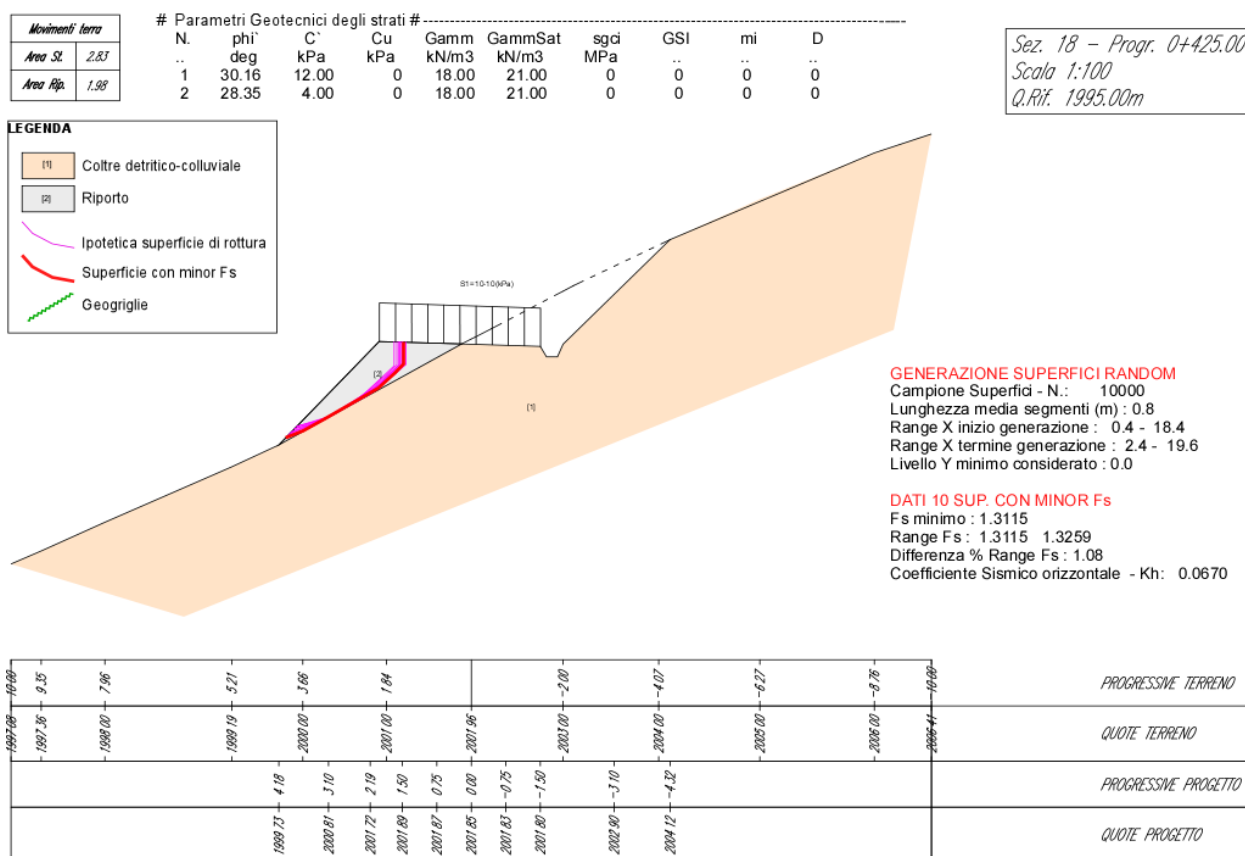


Figura 15 - Sezione geologica schematica e verifiche di stabilità lungo la sezione 18.

INFRASTRUTTURE PER L'ACCESSO E LA GESTIONE DELLE RISORSE PASTORALI ALPEGGI VALLONE DEL MOLLASCO AD ACCEGLIO

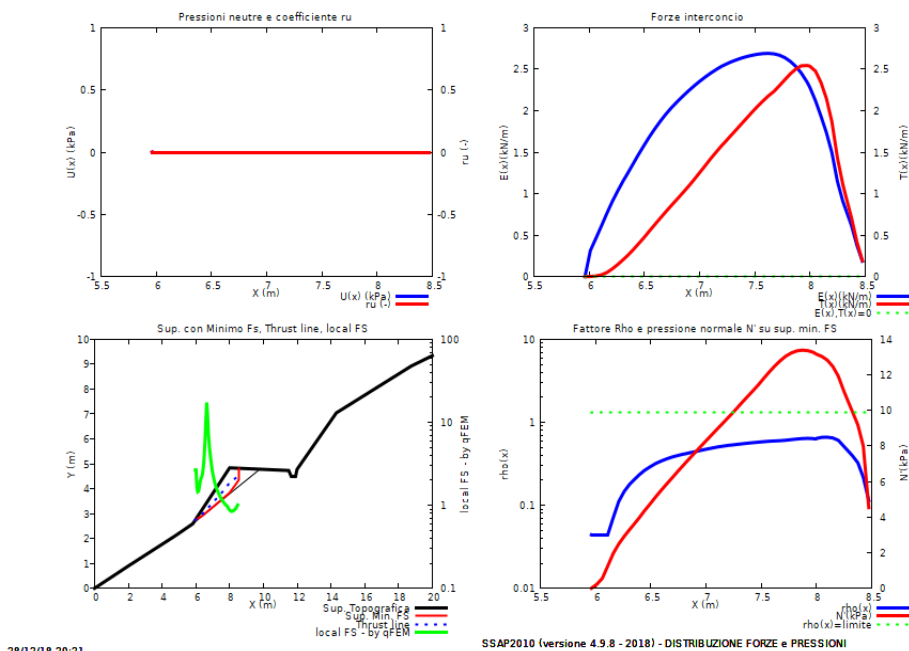


Figura 16 - Diagrammi con andamento delle pressioni neutre, delle forze interconcavo, del fattore di sicurezza e del fattore rho relativamente alla superficie critica.

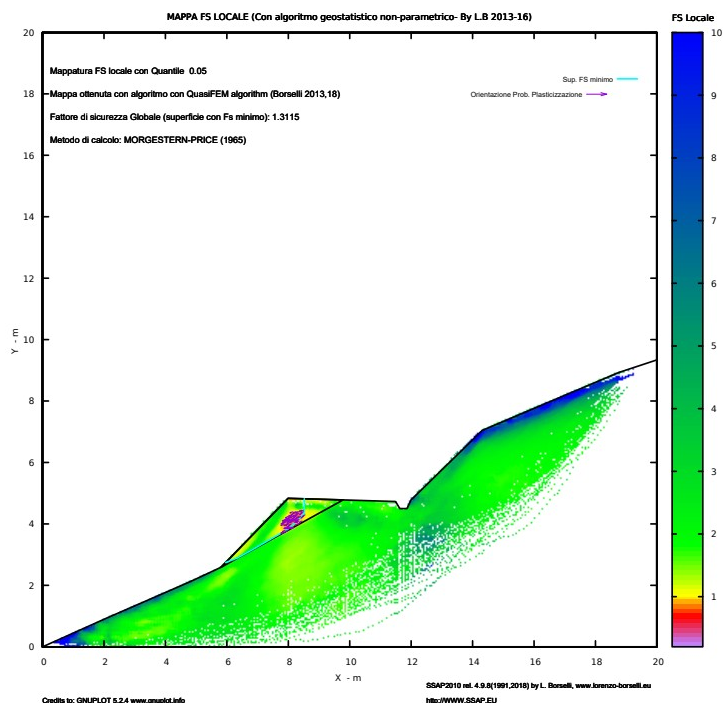


Figura 17 - Configurazione di progetto. Mappa dei F_s locali ottenuta con algoritmo Gauss Integration by QuasiFEM algorithm (Borselli 2013, 2016).

10.3 Sezione 23

La sezione di progetto 23 è caratterizzata dalla presenza di un'opera di sostegno (terre armate) della scarpata di valle.

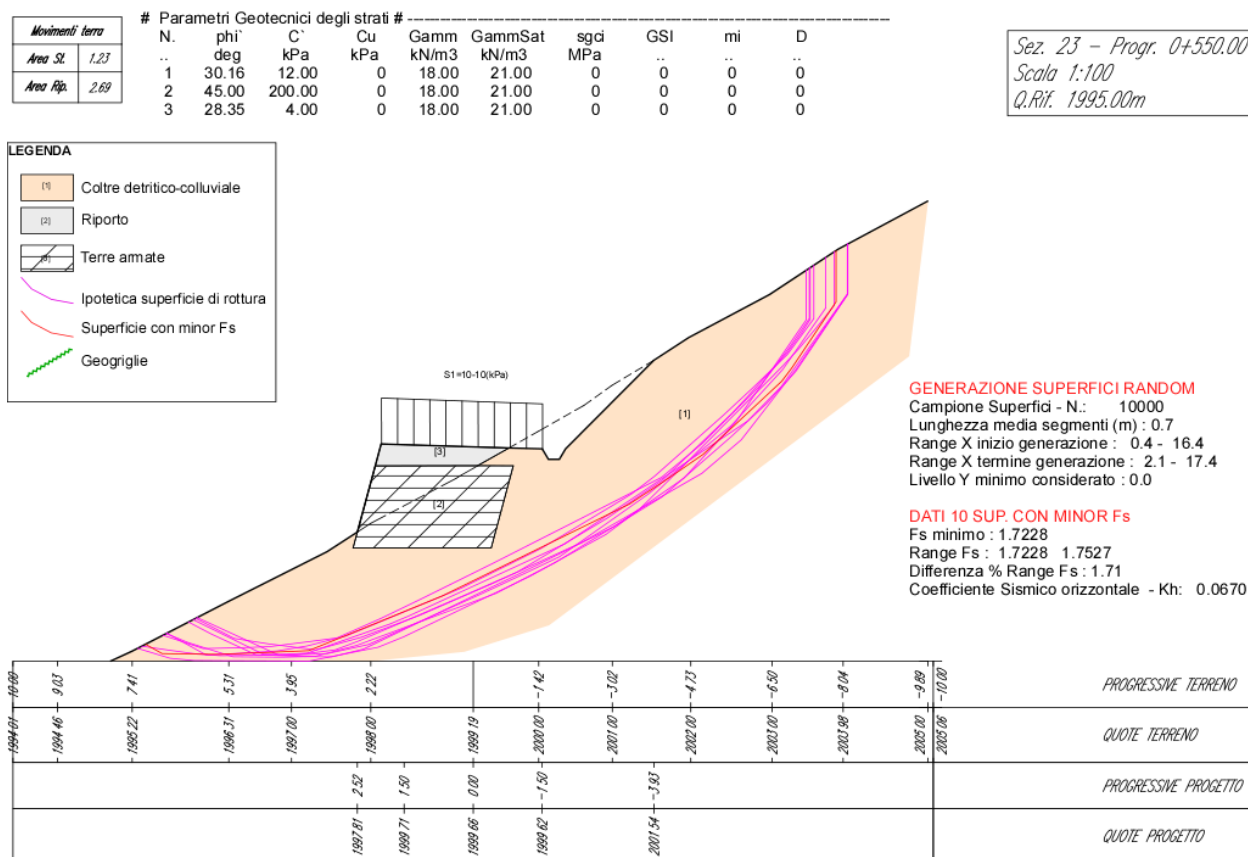
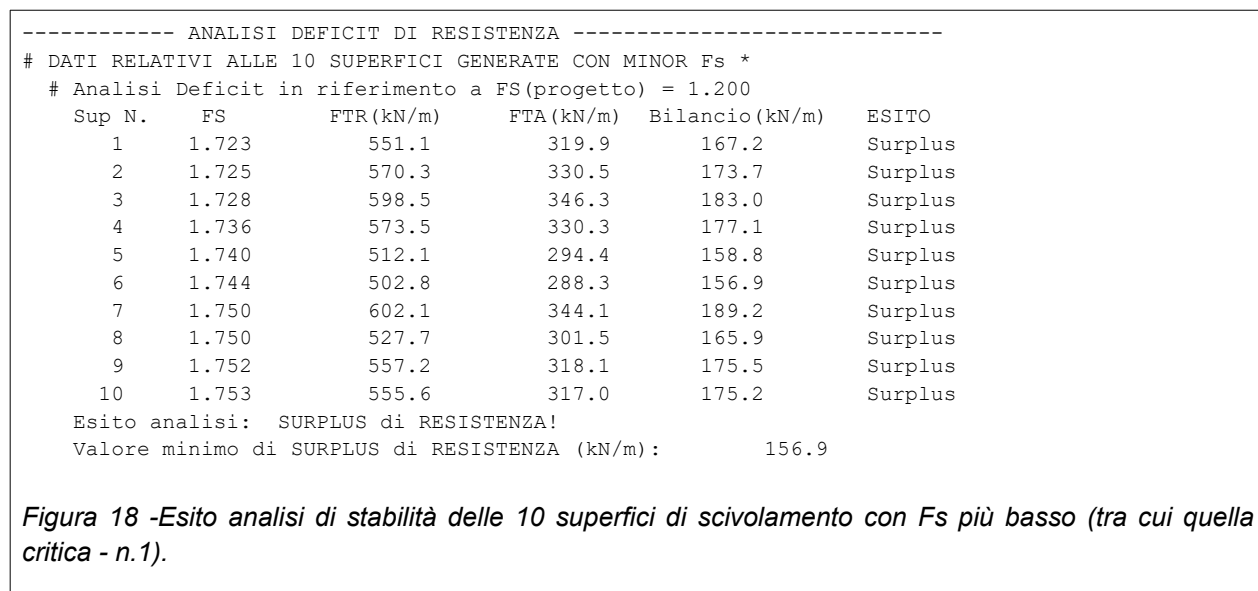


Figura 19 -Sezione geologica schematica e analisi di stabilità della sezione 18.

INFRASTRUTTURE PER L'ACCESSO E LA GESTIONE DELLE RISORSE PASTORALI ALPEGGI VALLONE DEL MOLLASCO AD ACCEGLIO

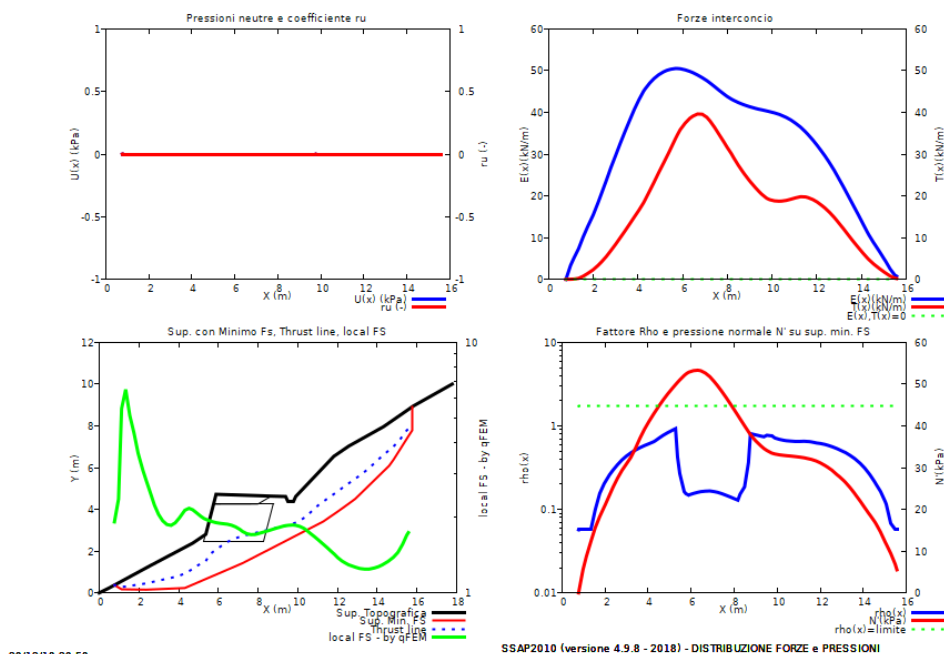


Figura 20 - Diagrammi con andamento delle pressioni neutre, delle forze interconcavo, del fattore di sicurezza e del fattore rho relativamente alla superficie critica.

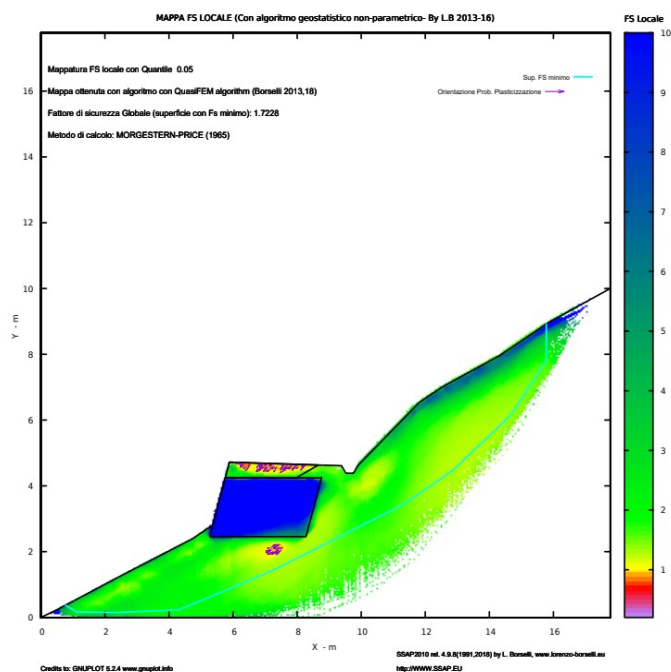


Figura 21 - Configurazione di progetto. Mappa dei Fs locali ottenuta con algoritmo Gauss Integration by QuasiFEM algorithm (Borselli 2013, 2016).

INFRASTRUTTURE PER L'ACCESSO E LA GESTIONE DELLE RISORSE PASTORALI ALPEGGI VALLONE DEL MOLLASCO AD ACCEGLIO

10.4 Sezione 25.1

La sezione 25.1 è caratterizzata dalla presenza di una scogliera di sostegno della scarpata di monte.

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----						
# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *						
# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200						
Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO	
1	1.917	5.3	2.8	2.0	Surplus	
2	1.922	494.3	257.2	185.7	Surplus	
3	1.993	563.1	282.5	224.1	Surplus	
4	2.028	670.9	330.8	273.9	Surplus	
5	2.063	532.8	258.3	222.8	Surplus	
6	2.100	435.7	207.4	186.8	Surplus	
7	2.120	7.2	3.4	3.1	Surplus	
8	2.121	7.0	3.3	3.1	Surplus	
9	2.121	491.4	231.7	213.4	Surplus	
10	2.143	5.8	2.7	2.6	Surplus	
Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!						
Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m):				2.0		

Tabella 2 -Analisi di stabilità della sezione 25.1.

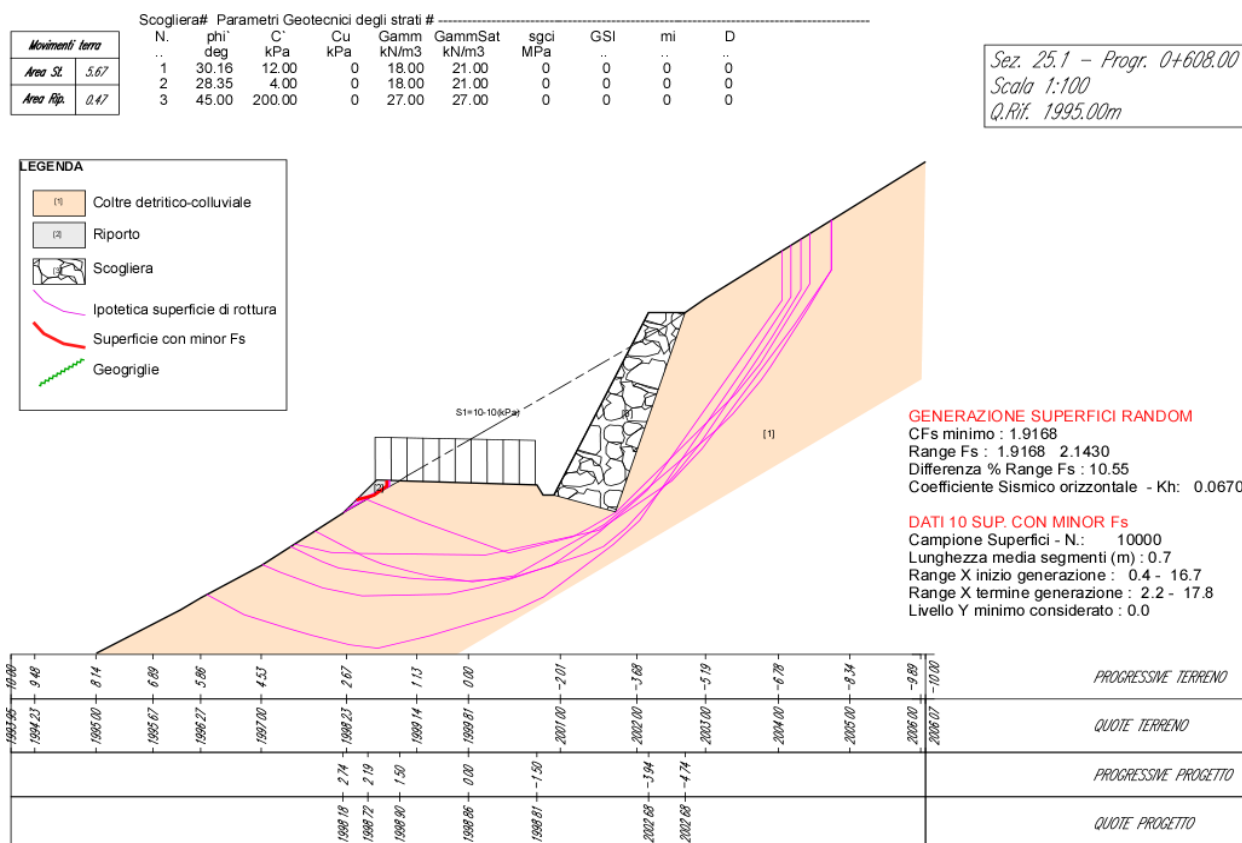


Figura 22 -Sezione geologica schematica e risultati dell'analisi di stabilità.

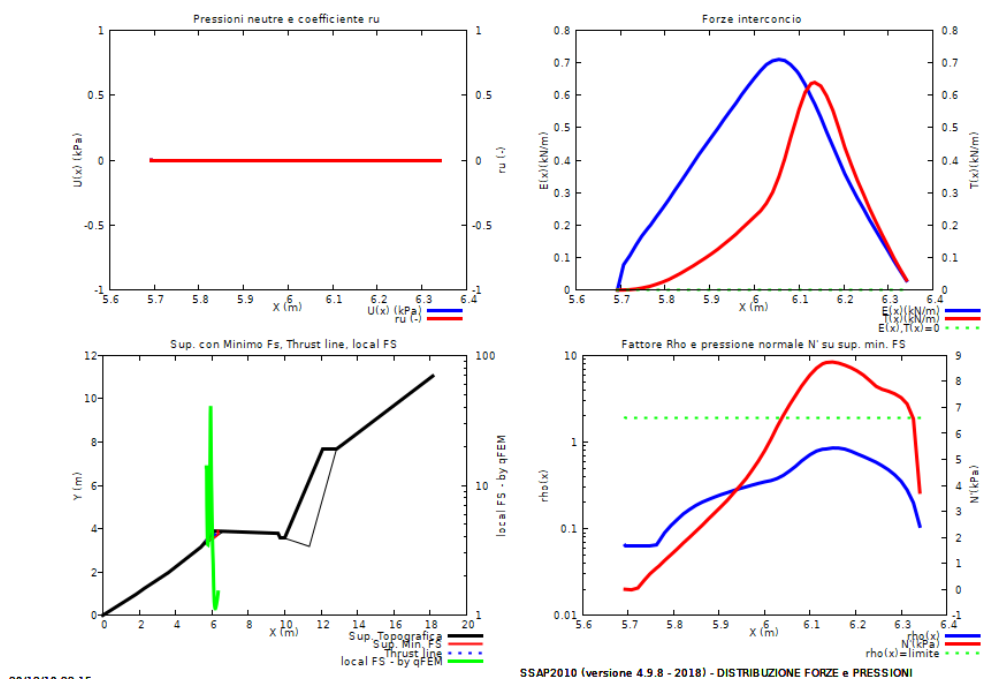


Figura 23 - Diagrammi con andamento delle pressioni neutre, delle forze interconcio, del fattore di sicurezza e del fattore rho relativamente alla superficie critica.

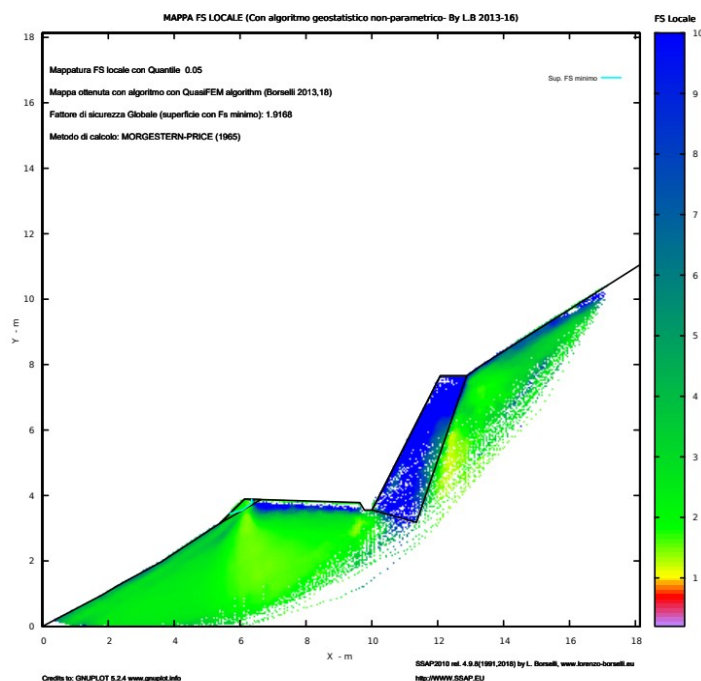


Figura 24 - Configurazione di progetto. Mappa dei F_s locali ottenuta con algoritmo Gauss Integration by QuasiFEM algorithm (Borselli 2013, 2016).

10.5 Sezione 29

La sezione 29 è caratterizzata da scavo in roccia. L'ammasso roccioso, come precedentemente accennato, è stato considerato, a favore di sicurezza, avente caratteristiche geomeccaniche medie inferiore a quelle dell'ammasso roccioso tipico.

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----					
# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *					
# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200					
Sup N.	FS	FTR (kN/m)	FTA (kN/m)	Bilancio (kN/m)	ESITO
1	4.477	1142.5	255.2	836.3	Surplus
2	4.497	1203.9	267.7	882.6	Surplus
3	4.536	1248.1	275.2	917.9	Surplus
4	4.537	1256.1	276.9	923.9	Surplus
5	4.544	1220.5	268.6	898.2	Surplus
6	4.545	1220.6	268.5	898.3	Surplus
7	4.549	1278.3	281.0	941.1	Surplus
8	4.550	1230.6	270.5	906.1	Surplus
9	4.550	1131.9	248.8	833.4	Surplus
10	4.553	1115.4	245.0	821.4	Surplus
Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!					
Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m):				821.4	

Tabella 3 -Risultati dell'analisi di stabilità lungo la sezione 29.

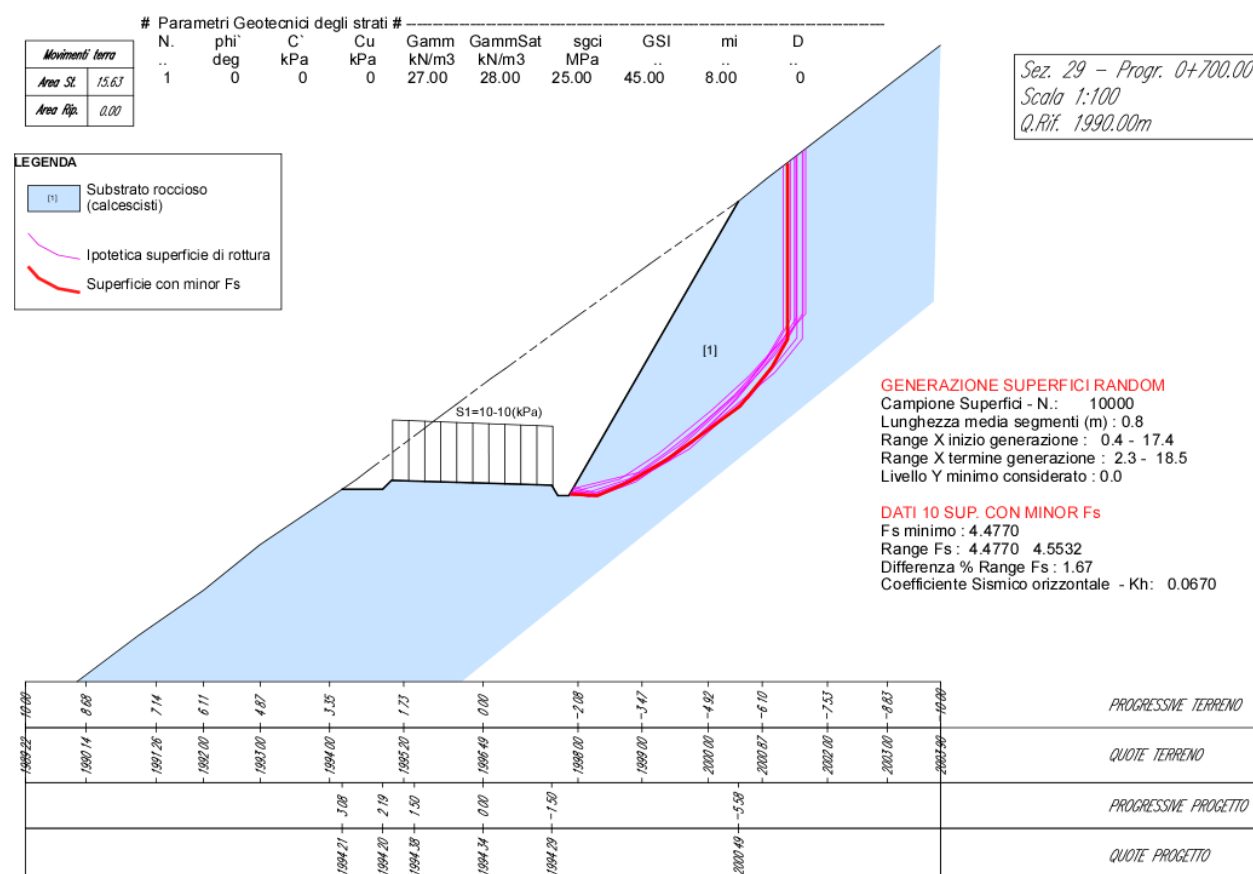


Figura 25 -Sezione geologica schematica e risultati dell'analisi di stabilità.

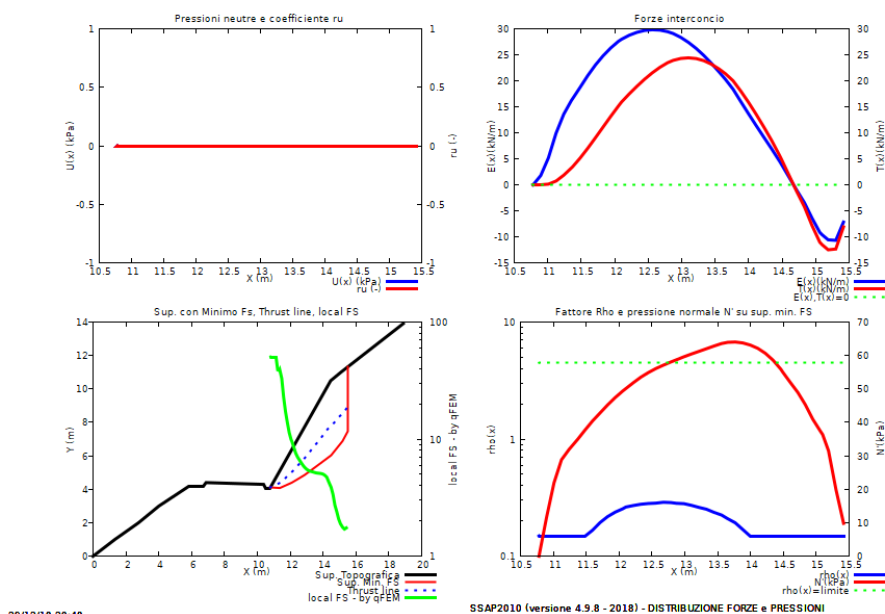


Figura 26 - Diagrammi con andamento delle pressioni neutre, delle forze interconcio, del fattore di sicurezza e del fattore rho relativamente alla superficie critica.

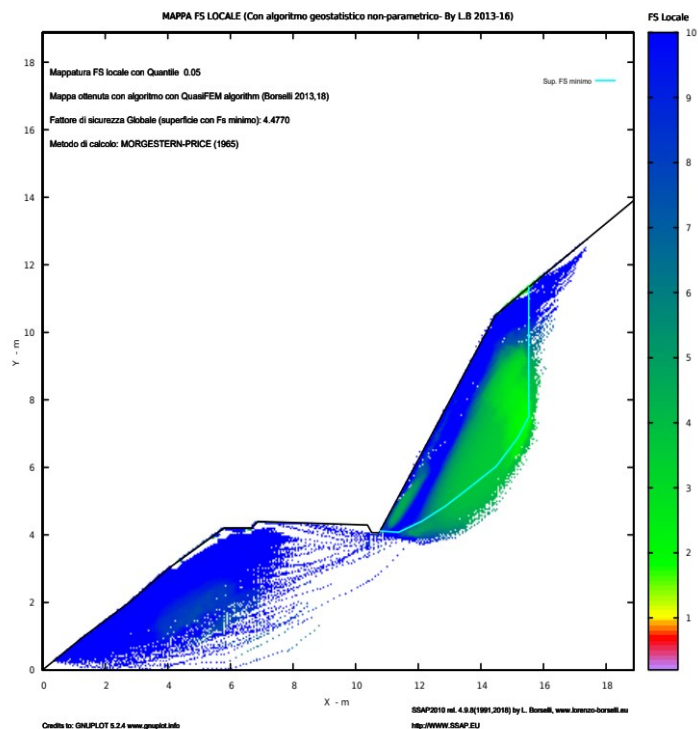


Figura 27 - Configurazione di progetto. Mappa dei Fs locali ottenuta con algoritmo Gauss Integration by QuasiFEM algorithm (Borselli 2013, 2016).

10.6 Commento ai risultati delle analisi di stabilità

Le verifiche di stabilità globale (pendio + pista e opere di sostegno) sono state eseguite su cinque sezioni ritenute maggiormente significative in quanto caratterizzate da una pendenza del versante elevata e da differenti tipologie costruttive delle opere di stabilizzazione delle scarpate.

Tali verifiche eseguite in assenza di falda hanno fornito fattori di sicurezza F_s maggiori di 1,1 e quindi ai sensi del DM 17/01/2018, il complesso pendio – opera è stabile.

In presenza di falda i fattori di sicurezza subiscono una diminuzione che è funzione della posizione della medesima. È quindi necessario realizzare le opere di sostegno prevedendo adeguati sistemi drenanti e realizzare una adeguata ed efficiente regimazione delle acque superficiali affinché queste non si infiltrino nelle scarpate (soprattutto in quella di valle, specie se sede di opere di sostegno).

11. CONCLUSIONI

Per quanto espresso in precedenza, la realizzazione della pista non aumenta il grado di dissesto dei pendii naturali attraversati ed è compatibile con l'assetto idrogeologico del versante.

In corrispondenza delle superfici generate automaticamente dal programma SSAP, che interessano volumi molto ridotti e quindi non rilevanti ai fini di una verifica di stabilità globale, il pendio è stabilizzato da rete in acciaio a maglia romboidale accoppiata con biostuoia e, dove meno pendente, da inerbimenti.