

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI VERCELLI

COMUNE DI BALMUCCIA

**MITIGAZIONE E
PREVENZIONE DEL DISSESTO
IDROGEOLOGICO A MONTE
DELLA STRADA IN
LOCALITA' CORNALEI**

RELAZIONE GEOLOGICA

- PROGETTO DEFINITIVO -

PROPONENTE:

COMUNE DI BALMUCCIA

Via Roma, 1

13020 Balmuccia (VC)

REDAZIONE:

Dr. Geol. Michela Curnis

Regione Cadegatti, 11/a

13011 Borgosesia (VC)

Cell: 3347408943

Email: michela.curnis@geologipiemonte.it



APRILE 2021

SOMMARIO:

PREMESSA	2
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO	2
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICA DEL SITO E SEGNALAZIONE DISSESTI DA PRGC.....	2
PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA).....	2
VINCOLO IDROGEOLOGICO (R.D.L. N. 3267/1923, L.R. 45/1989)	3
CLASSIFICAZIONE SISMICA	4
GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA GENERALE	5
IDROGEOLOGIA GENERALE	7
MODELLO GEOLOGICO PRESSO IL SITO DI INTERVENTO	8
CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELL'AMMASSO ROCCIOSO	13
INTERVENTI PREVISTI E IMPLICAZIONI GEOLOGICO-APPLICATIVE	23

PREMESSA

Il presente elaborato rappresenta la relazione geologica relativa al progetto di sistemazione della parete rocciosa situata a monte della SP 10 in Comune di Balmuccia.

Esso viene realizzato in ottemperanza della legislazione vigente, con particolare riguardo alla seguente normativa:

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.
- Eurocodici 7 e 8.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

- Comune: Balmuccia
- Quota sito: 570 m s.l.m.
- N.C.T.: F° 8, mappali 61-78
- Coordinate baricentro sito di intervento (UTM – WGS84): 32T 433068 507449
- Tavoleta III NE "Scopa", Foglio n° 30 della Carta d'Italia I.G.M.I. a scala 1:25.000;
- sez. n° 072140 della C.T.R. del Piemonte a scala 1:10.000.

CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICA DEL SITO E SEGNALE DI DISSESTI DA PRGC

Il P.R.G.C. vigente non è adeguato alla circolare PGR 08/05/1996 n. 7/LAP, per cui vige la classificazione di rischio riportata nel P.A.I. del fiume PO. A tal riguardo non si rilevano dissesti censiti nell'area di intervento (v. figura 2).

PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

La Direttiva Europea 2007/60/CE, recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010, ha dato avvio ad una nuova fase della politica nazionale per la gestione del rischio di alluvioni, che viene attuata attraverso la formazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA), il quale dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori. L'area del distretto idrografico padano è gestita dall'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po che, con delibera del Comitato Istituzionale, ha adottato ed approvato il PGRA (deliberazione n.2/2016 del 3 marzo 2016).

Successivamente la Regione Piemonte ha reso vigente in maniera definitiva il PGRA con delibera della Giunta Regionale del 30 luglio 2018, n. 25-7286, che riporta le *"Disposizioni regionali riguardanti l'attuazione del Piano di gestione rischio alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico (art. 58 Norme di Attuazione PAI, integrate dal Titolo V), le attività per i comuni non ancora adeguati al PAI e l'aggiornamento del quadro del dissesto a seguito di eventi calamitosi"*.

Pertanto l'analisi degli elaborati relativi alla pericolosità idraulica del PGRA ha rilevato che l'area di intervento si colloca all'esterno delle aree interessate da rischio alluvione.

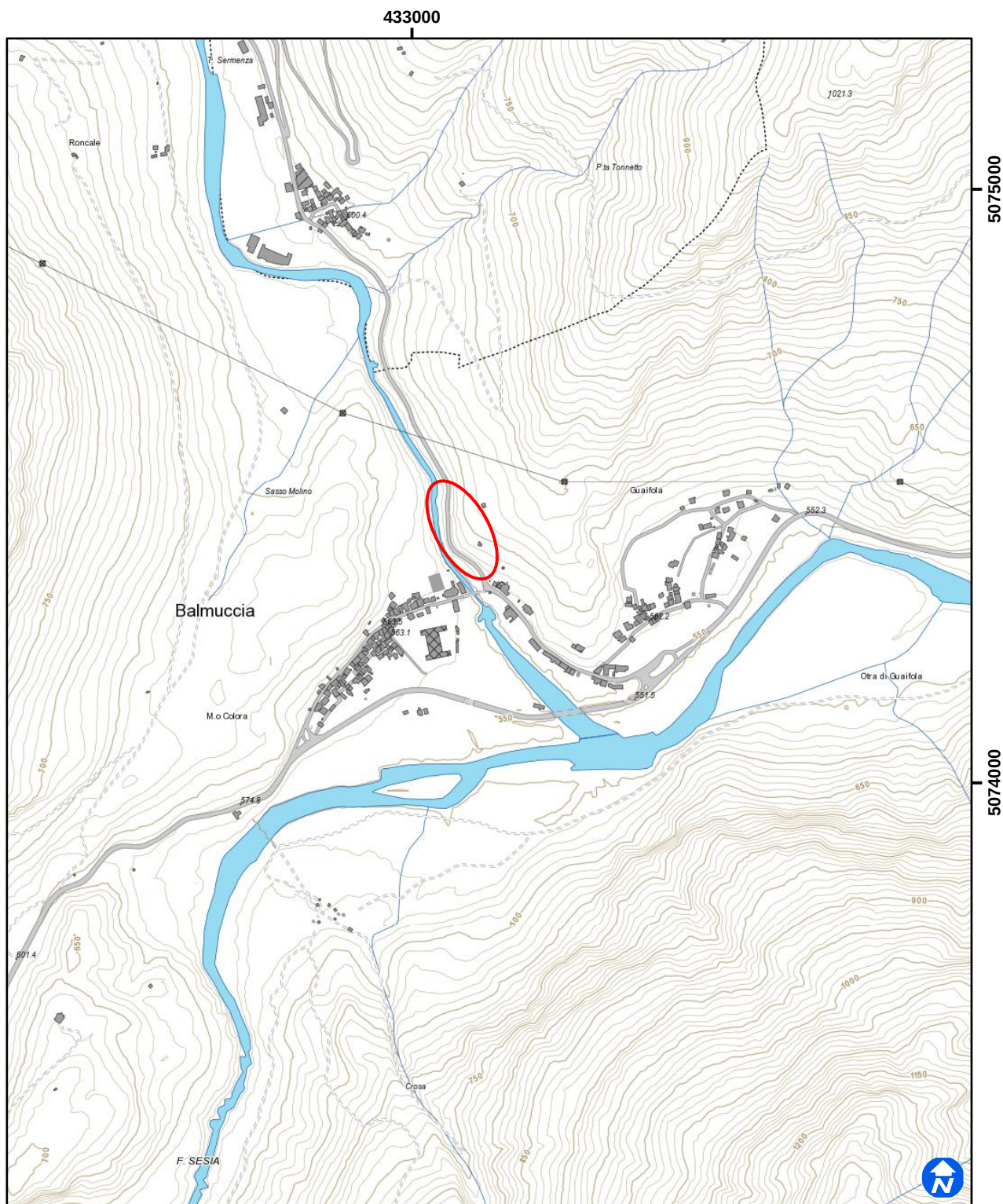


Figura 1 - Inquadramento area di intervento su sfondo cartografico di riferimento Regione Piemonte, scala 1:10000

VINCOLO IDROGEOLOGICO (R.D.L. N. 3267/1923, L.R. 45/1989)

Facendo riferimento ai dati presenti sul sito della Regione Piemonte l'area non sembra ricade all'interno del vincolo. In ogni caso l'intervento in progetto non comporta modifica né trasformazione dell'uso del suolo e, pertanto, non necessita di autorizzazione.

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274 del 20 marzo 2003 e della Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 il comune di Balmuccia si colloca in zona 4° sismica.



Legenda

- | | |
|---|---|
| ● Frana attiva - Fa | □ Frana attiva - Fa |
| ▲ Frana quiescente - Fq | □ Frana quiescente - Fq |
| ✱ Frana stabilizzata - Fs | ▨ Frana stabilizzata - Fs |
| ~ Esondazione a pericolosità molto elevata - Ee | ▩ Conoide attivo non protetto - Ca |
| ~ Esondazione a pericolosità elevata - Eb | ▨ Conoide attivo parzialmente protetto - Cp |
| ~ Esondazione a pericolosità media o moderata - Em | ▩ Conoide non recentemente attivatosi - Cn |
| ~ Valanga a pericolosità molto elevata o elevata - Va | ~ Esondazione a pericolosità molto elevata - Ee |
| ~ Valanga a pericolosità media o moderata - Vm | ~ Esondazione a pericolosità elevata - Eb |
| | ~ Esondazione a pericolosità media o moderata - Em |
| | ▨ Valanga a pericolosità molto elevata o elevata - Va |
| | ▨ Valanga a pericolosità media o elevata - Vm |

Figura 2 - Stralcio della Carta del PAI vigente, non in scala

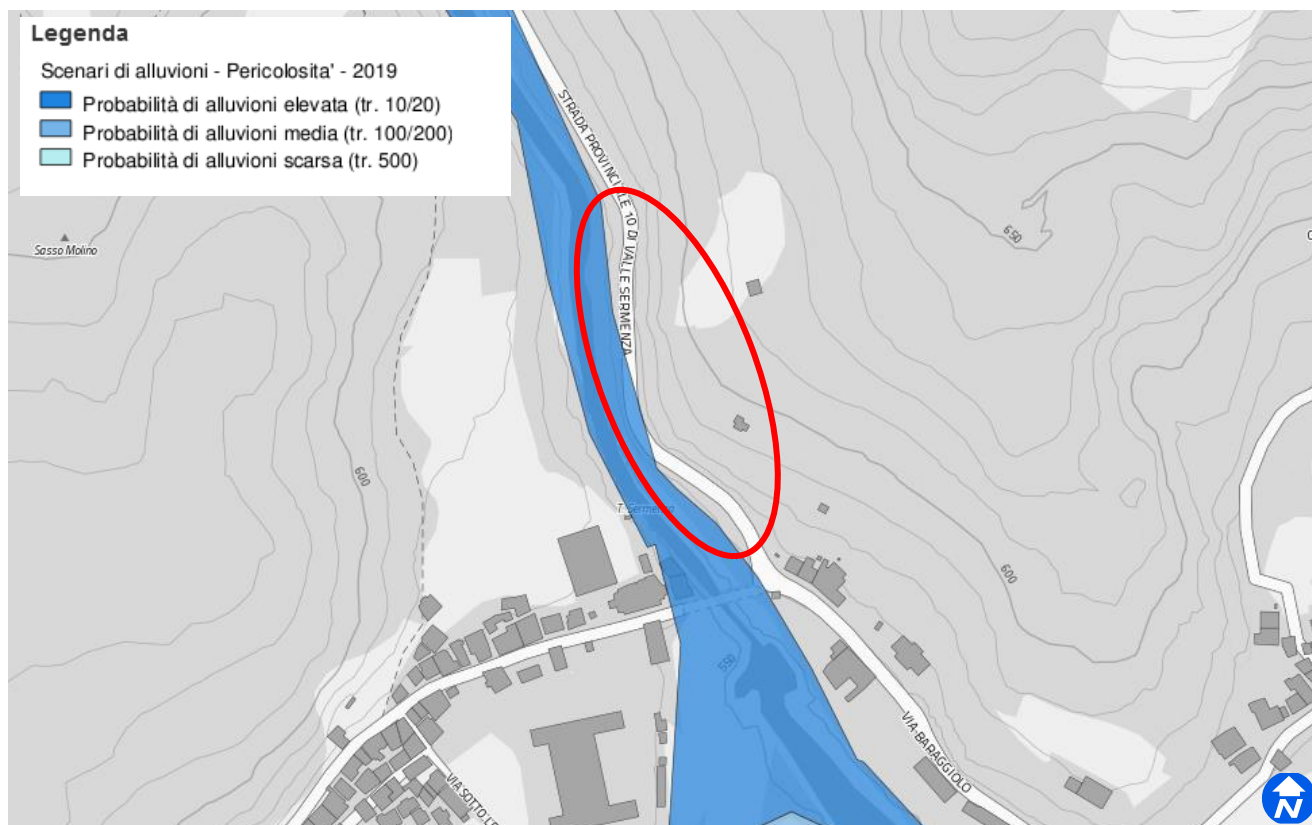


Figura 3 - Stralcio del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) con ubicazione dell'area di intervento

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA GENERALE

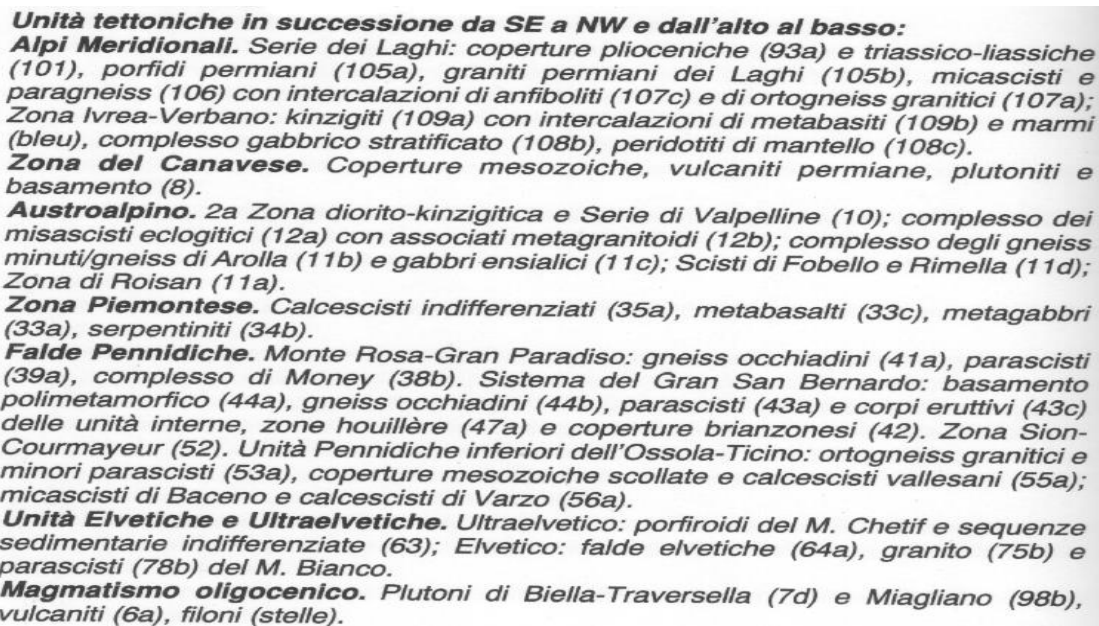
L'area esaminata nel presente studio si colloca geologicamente all'interno delle alpi occidentali, più precisamente il territorio del Comune di Balmuccia si trova a cavallo tra il complesso sistema Austroalpino (AU) e la Zona Ivrea-Verbano (IVZ); il contatto tra le due zone è sottolineato dalla presenza di una importante discontinuità tettonica alpina detta Linea Insubrica (localmente Linea del Canavese).

Il sistema AU è un tipico sistema composito, formato da un elemento inferiore ubiquitario e da un elemento superiore dato da lembi trasposti; l'elemento inferiore è costituito in prevalenza da parascisti polimetamorfici e da corpi intrusivi acidi e basici taldo-paleozoici, con trasformazioni metamorfiche alpine di vario tipo; l'elemento superiore è un frammento di crosta continentale profonda, con locali scaglie di peridotiti del mantello, talora metamorfosate o tettonizzate. Le unità superiori e inferiori sono separate da una vasta zona di laminazione duttile in cui sono inseriti alcuni lembi di copertura mesozoica.

L'unità inferiore è denominata Zona Sesia-Lanzo ed è costituita da vari litotipi: micascisti eclogitici con numerose lenti basiche in cui si intercalano protoliti di probabile età permiana metamorfosati; metagranitoidi massicci e scistosi con dominante impronta metaforica in scisti verdi; gneiss minuti albitici, in facies scisti verdi, di età mesoalpina e derivanti da granitoidi tardo paleozoici.

L'unità superiore è costituita dalla 2a Zona dioritico-kinzigitica (2DK) e da lembi trasposti; la 2DK presenta alcuni litotipi caratteristici: una fascia basale di miloniti, una porzione di protoliti prealpini come paragneiss a Bt - Grt - Sill (kinzigiti Auct.), intercalazioni di granuliti basiche, anfiboliti e marmi antichi e dalla piccola scaglia di peridotiti tettoniche; la sequenza è ricca di migmatiti e pegmatiti di anatessi, ma è priva di corpi intrusivi granitici.

Per quanto riguarda la IVZ, essa è suddivisibile in due subunità: il corpo basico (gabbri e dioriti con peridotiti del mantello) e la zona *Kinzigitica* (metapeliti di grado medio-alto a sillimanite, talora con la presenza di filoni e sacche concordanti di composizione pegmatitica o aplitica).



Per quanto riguarda i depositi glaciali essi sono prevalentemente costituiti da residui morenici e da depositi fluvio-glaciali, formati da un ramo del ghiacciaio del Sesia durante l'ultima glaciazione; geomorfologicamente sono distribuiti in diverse plaghe a varie quote e tendono ad addolcire le aree che ricoprono; nel caso dei depositi fluvio-glaciali essi formano piccoli ripiani subpianeggianti (terrazzi), i cui limiti sono sottolineati da orli morfologici. Litologicamente i depositi morenici sono

costituiti da brecce e sabbie con blocchi anche di notevole dimensione, immersi in una matrice fine limoso-argillosa; i depositi fluvio-glaciali sono dati da ghiaie sabbiose o sabbie, talora anche fini.

Per quanto riguarda i detriti di falda si tratta di materiali di distacco dalle pareti rocciose depositati alla base dei versanti secondo fasce allungate o lungo i versanti stessi nelle porzioni meno acclivi. Geneticamente la loro formazione è da imputare all'azione di disaggregazione effettuata dagli agenti geomorfologici e, a partire dall'arretramento del ghiacciaio, dalla decompressione delle pareti liberate dalla massa glaciale. Litologicamente sono costituiti da pietrisco e brecce di varia pezzatura, talora immersi in materiale più fine, tanto da formare, in casi limitati, una fascia pedogenizzata con materiale organico favorevole all'impostazione di vegetazione anche di alto fusto.

Data la natura aspra del territorio sono presenti diversi fenomeni di dissesto, talora anche di dimensione notevole; i processi sono collegati all'azione dei corsi d'acqua (conoidi, erosioni), della gravità (frane) e delle precipitazioni nevose (valanghe). Tali processi rendono la zona piuttosto sensibile agli interventi antropici, condizionando la possibilità di insediamenti abitativi e la realizzazione di infrastrutture; la cura del territorio risulta pertanto decisiva per il contenimento dei rischi connessi all'evoluzione geomorfologica dell'area.

IDROGEOLOGIA GENERALE

In funzione delle caratteristiche litologiche e tessiturali delle unità presenti si possono distinguere diversi complessi aventi comportamento geoidrologico omogeneo. Per quanto riguarda la definizione di complessi idrogeologici omogenei, va considerato che il flusso idrico sotterraneo avviene con modalità ed intensità estremamente variabili, in base al tipo ed al grado di permeabilità.

Le formazioni litoidi hanno una permeabilità di tipo secondario, dipendente dal grado di fratturazione della roccia si può pertanto affermare che la permeabilità del substrato roccioso sia generalmente caratterizzata da valori bassi o molto bassi, mentre valori relativamente più elevati si hanno in corrispondenza delle zone intensamente fratturate.

I materiali di copertura o i depositi sciolti sono invece caratterizzati da una permeabilità di tipo primario, dovuta alla porosità efficace del deposito; la composizione granulometrica ed il grado di addensamento dei depositi sono gli elementi che, in prima approssimazione, permettono di distinguere corpi con diversa permeabilità.

Qui di seguito vengono distinti i principali tipi di complessi idrogeologici aventi comportamento omogeneo presenti sul territorio comunale:

- Depositi alluvionali: depositi sciolti formati prevalentemente da ghiaie e sabbie e dotati di una permeabilità primaria da media ad alta ($10^{-2} \div 10^{-4}$ m/sec); essi caratterizzano la valle principale del fiume Sesia, del Sermenza ed altre minori.
- Depositi detritici di versante: depositi sciolti formati da brecce e blocchi immersi talvolta in matrice sabbiosa, caratterizzati in genere da una permeabilità primaria alta quando la matrice fine è ridotta ($10^{-2} \div 10^{-4}$ m/sec) o medio-bassa ($10^{-5} \div 10^{-6}$ m/sec) per la presenza di frazione limosa; si sviluppano a plaghe lungo i versanti più acclivi, a bordare il centro delle valli alluvionali.
- Depositi glaciali: sono depositi abbastanza eterogenei e quindi con permeabilità primaria assai variabile; affiorano nelle aree montane meno acclivi.
- Substrato roccioso: costituito da rocce ignee e metamorfiche, è caratterizzato da una permeabilità secondaria per fessurazione, dovuta ai diversi sistemi di fratture che interessano le rocce; le fratture intersecandosi tra loro determinano, non solo l'effetto di collettori drenanti, ma anche l'effetto di barriera.

MODELLO GEOLOGICO PRESSO IL SITO DI INTERVENTO

L'area oggetto di indagine è ubicata lungo la SP10, che collega Balmuccia ai comuni di Rossa e di Alto Sermenza, immediatamente a monte del ponte sul Torrente Sermenza.

La zona interessata dall'intervento di messa in sicurezza in progetto è rappresentata da una balza rocciosa che si innalza a lato della SP10, con una parete subverticale di altezza variabile da 7-8 m fino a circa 15 m e da un ripido pendio sovrastante.



Figura 5 - Parete rocciosa oggetto di intervento

Dal punto di vista geologico ci troviamo nell'area di affioramento del corpo basico della Formazione Ivrea Verbano, costituito da rocce gabbriche e miloniti derivanti, queste ultime, dalla presenza della Linea del Canavese. Infatti, come è stato detto nella parte generale, Balmuccia si colloca proprio in corrispondenza del contatto tra la Zona Sesia Lanzo e la Zona Ivrea-Verbanese (IVZ): questo contatto è sottolineato dalla presenza di una importante discontinuità tettonica alpina detta Linea Insubrica, localmente Linea del Canavese.

Le rocce qui presenti sono state pertanto soggette a vari stress tettonici causati dalla presenza della faglia, agli agenti esogeni (gelo e disgelo, sbalzi termici, neve, ghiaccio...) che le hanno modellate superficialmente e, infine, hanno subito l'intervento antropico per la realizzazione della strada.

La conseguenza di tutto ciò è nella fragilità dell'ammasso roccioso e nella sua disarticolazione in volumi che, a poco a poco, vengono a trovarsi in condizioni di disequilibrio con caduta finale sulla sede stradale. Questi fenomeni non sono recenti tanto che sono stati già effettuati degli interventi per la messa in sicurezza della strada tramite la posa di reti armate (v. figura 6).

La parete oggetto di intervento è caratterizzata da una notevole fratturazione, sono stati individuati alcuni blocchi sicuramente instabili (per lo più di dimensioni relativamente contenute) e alla base del rilievo è stata notata la presenza di alcuni pezzi di roccia caduti di recente (v. figura 7).

Durante il rilievo è stato individuato un settore che dovrà essere verificato in fase esecutiva poiché impossibile da raggiungere in sicurezza: si tratta di un tratto di parete rocciosa dove si forma una rientranza con uno spuntone roccioso (v. figura 8) e sembrano essere presenti alcuni blocchi di grosse dimensioni sul pendio.

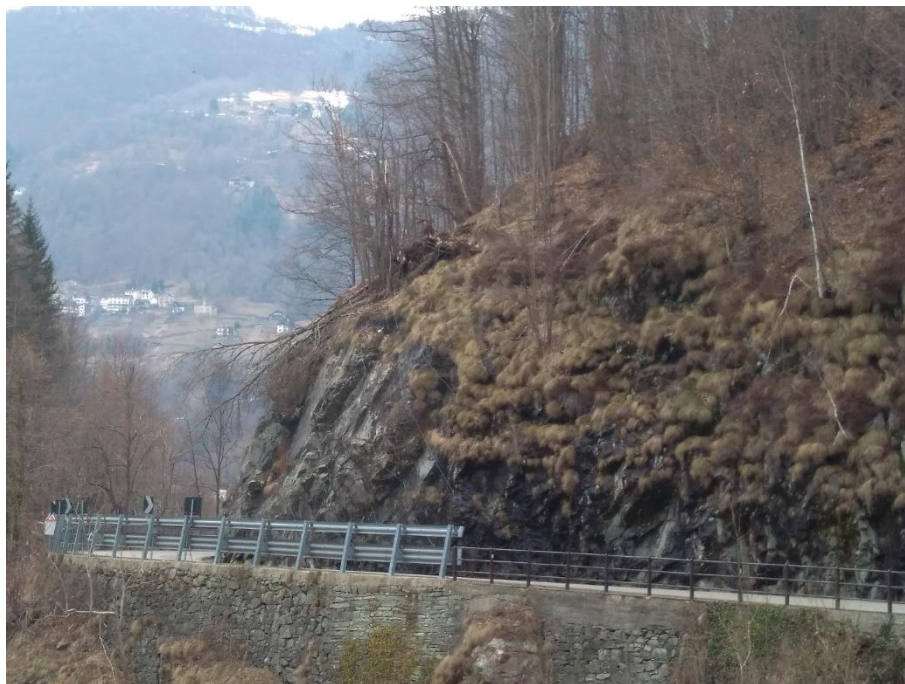


Figura 6 - Rete armata presente in una porzione dell'ammasso roccioso interessato da intervento

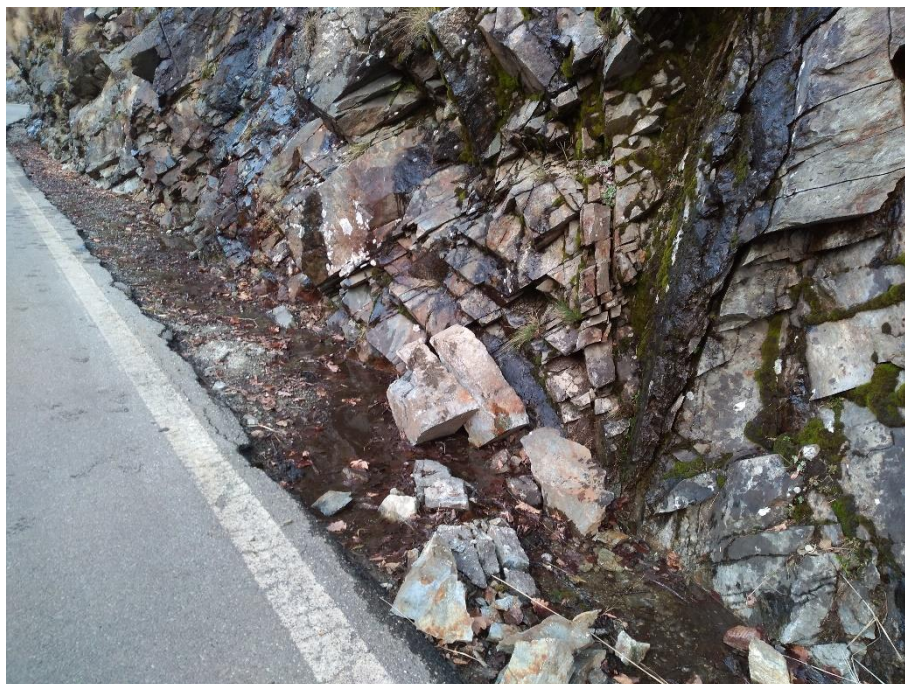


Figura 7 - Blocchi di roccia staccatisi dalla parete presenti a bordo strada



Figura 8 - Rientranza con spuntone roccioso da verificare (in alto vista dalla SP10 e in basso dalla strada sterrata)

Il rilievo eseguito in sito si è svolto sia lungo la SP10, sia a monte di essa: infatti è presente una strada sterrata che si sviluppa parallelamente alla SP10, circa 25 m a monte di essa, sovrastando l'intera parete rocciosa oggetto di intervento.

Il pendio presente tra la parete rocciosa subverticale e la strada sterrata è caratterizzato da notevole inclinazione e la roccia risulta subaffiorante; la strada sterrata è sempre sostenuta da un muro e sono presenti alcune opere per la regimazione delle acque provenienti da monte (vasche e canalette di gronda, v. figura 9).

Durante il rilievo eseguito in questa parte dell'area di indagine non sono state individuate criticità, né dissesti: non sono qui presenti balze rocciose come quella oggetto di intervento, che potrebbero riversare materiale sulla SP10, le acque presenti provenienti dal versante di monte sono già state tutte regimate e incanalate adeguatamente e, pertanto, non si ritengono necessari ulteriori interventi in questa zona.



Figura 9 - Opere di regimazione presenti lungo la strada sterrata a monte della parete rocciosa oggetto di intervento

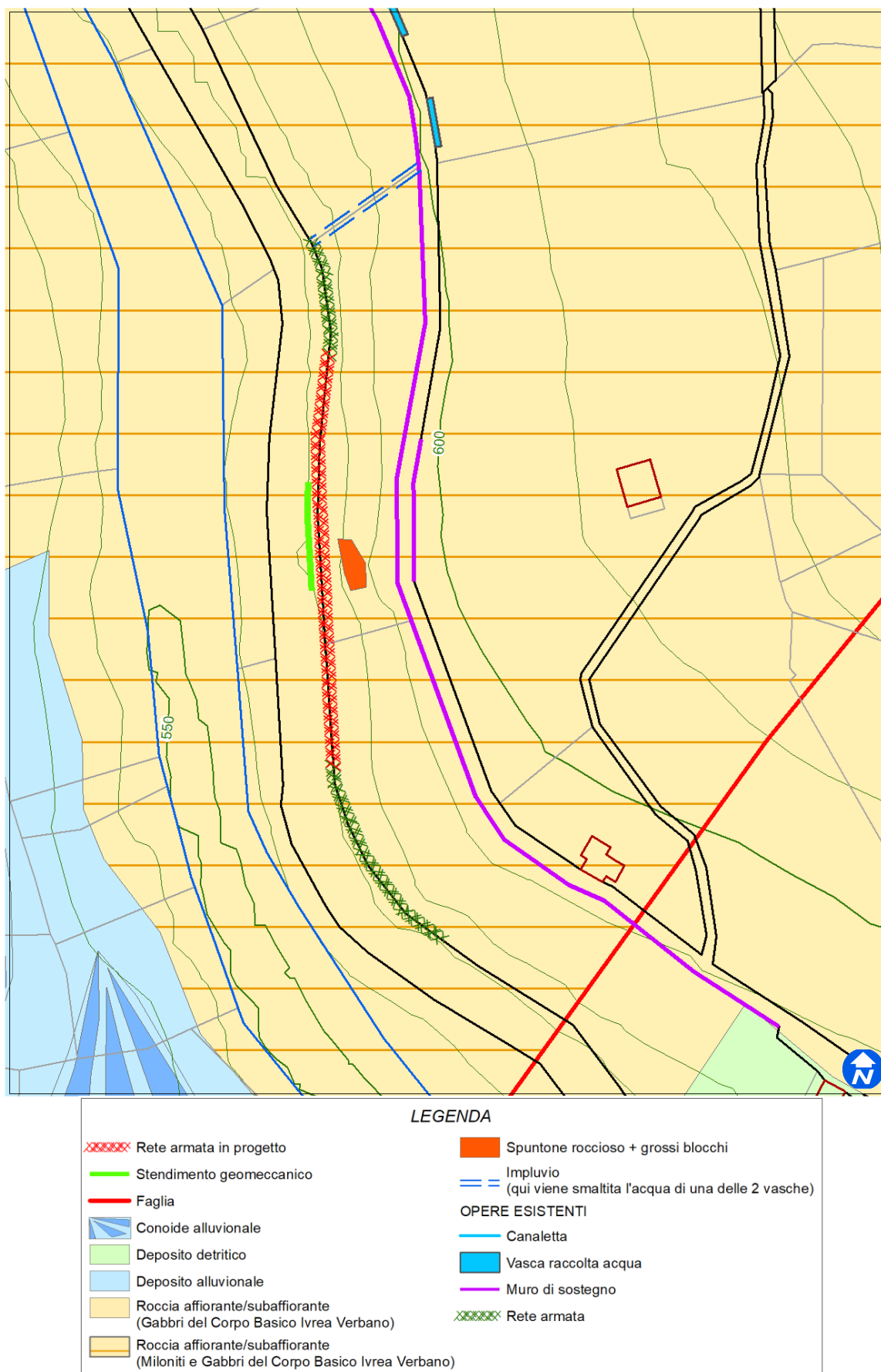


Figura 10 – Schizzo geomorfologico dell'area di intervento su base catastale con sovrapposizione isoipse Regione Piemonte, scala 1:1000

CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

La caratterizzazione dell'ammasso roccioso è consistita in n.1 rilievo geomeccanico di dettaglio così composto: descrizione dell'ammasso nell'insieme e definizione delle proprietà di ciascun set di discontinuità. Entrambe le fasi descrittive costituiscono il punto di partenza per ottenere i parametri necessari per classificare l'ammasso roccioso e stimarne le caratteristiche meccaniche (deformabilità e resistenza).

RILIEVO GEOMECCANICO

La raccolta dei dati relativi alla stazione geomeccanica è stata effettuata con un criterio "oggettivo", secondo il quale vengono campionate tutte le discontinuità che intersecano una certa linea di scansione (stendimento) di lunghezza pari a 20 metri. Tuttavia è utile specificare che i dati rilevati con questa metodologia sono affetti dai seguenti errori: la linea di stendimento tende ad intersecare le discontinuità più persistenti e quelle con la traccia perpendicolare alla linea stessa.



Figura 11 – Stendimento del rilievo geomeccanico

La Società Internazionale di Meccanica delle Rocce "ISRM" ha emanato delle norme di riferimento per la descrizione geomeccanica delle masse rocciose (ISRM 1978), in cui vengono dettagliatamente descritte le metodologie d'indagine ed i parametri che caratterizzano gli ammassi rocciosi.

In questi riferimenti sono comprese n.8 grandezze che riguardano la descrizione geometrica quantitativa delle discontinuità:

- Orientazione
- Spaziatura
- Continuità o Persistenza
- Scabrezza
- Resistenza delle pareti
- Apertura
- Riempimento
- Filtrazione

La prima fase di rilievo è consistita in una serie misurazioni di orientazione, ovvero di giacitura dei piani di discontinuità. I dati rilevati in campo sono stati trattati con il software della Dolmen GEOROCCE, che ha permesso di riportare i dati di giacitura (immersione/inclinazione) per un totale di n.58 piani di discontinuità (GN: fratture).

In base alle misurazioni di immersione e inclinazione si sono distinte n.3 set di discontinuità principali (K1, K2, K3).

n°	Tipo	famiglia	Immersione (°)	Inclinazione (°)
1	GN	K3	224	37
2	GN	K1	90	65
3	GN	K3	225	70
4	GN	K3	225	70
5	GN	K3	265	45
6	GN	K3	305	60
7	GN	K3	215	70
8	GN	K1	80	72
9	GN	K1	120	60
10	GN	K1	120	60
11	GN	K1	120	66
12	GN	K1	120	64
13	GN	K2	40	85
14	GN	K2	40	80
15	GN	K1	140	30
16	GN	K1	80	60
17	GN	K1	140	80
18	GN	K2	40	90
19	GN	K1	120	58
20	GN	K1	120	52
21	GN	K2	60	60
22	GN	K2	25	70
23	GN	K1	120	30
24	GN	K2	35	65
25	GN	K2	25	40
26	GN	K1	120	60
27	GN	K2	30	90
28	GN	K1	100	52
29	GN	K2	350	70
30	GN	K1	140	88
31	GN	K2	340	75
32	GN	K2	350	20
33	GN	K1	120	60
34	GN	K1	120	80
35	GN	K2	350	40
36	GN	K1	90	40
37	GN	K1	100	50
38	GN	K1	150	60
39	GN	K2	40	60
40	GN	K1	120	60

- BALMUCCIA (VC) -

n°	Tipo	famiglia	Immersione (°)	Inclinazione (°)
41	GN	K2	20	50
42	GN	K2	30	52
43	GN	K1	100	45
44	GN	K1	110	50
45	GN	K1	120	38
46	GN	K1	80	40
47	GN	K2	40	85
48	GN	K1	140	85
49	GN	K2	345	88
50	GN	K1	100	48
51	GN	K2	350	30
52	GN	K1	170	20
53	GN	K1	120	60
54	GN	K1	130	55
55	GN	K1	80	50
56	GN	K2	350	50
57	GN	K1	145	70
58	GN	K1	140	50

La proiezione di un grande numero di discontinuità non consente di analizzare efficacemente i dati riportati. Per tale motivo è preferita la rappresentazione dei poli, ovvero le normali ai piani di discontinuità, qui espressi in termini di isofrequenze di densità polare.

Di seguito si espongono i dati dei parametri rilevati e la distribuzione dei piani di discontinuità con il software GEOMASSI:

Parametro	K1	K2	K3	MEDIA
Orientazione media (°)	123/59	20/84	220/50	-
Spaziatura (cm)	49	78	30	53
Continuità o persistenza (cm)	103	78	72	84
Scabrezza – JRC	-	-	-	10
Resistenza delle pareti – JCS (Mpa)		-	-	-
Apertura (mm)	-	-	-	-
Riempimento	assente	assente	assente	assente
Filtrazione	stillicidi	stillicidi	stillicidi	stillicidi

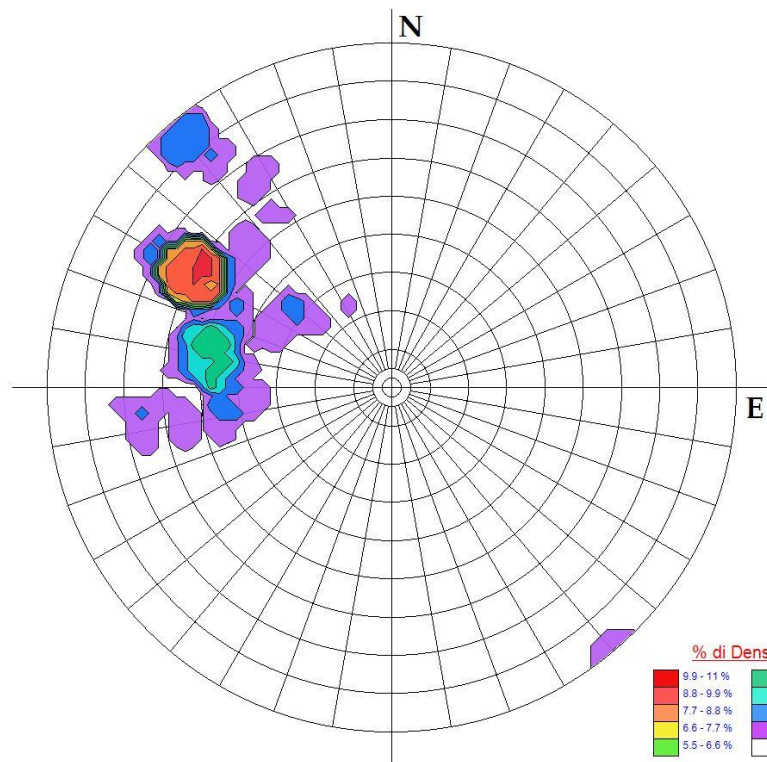
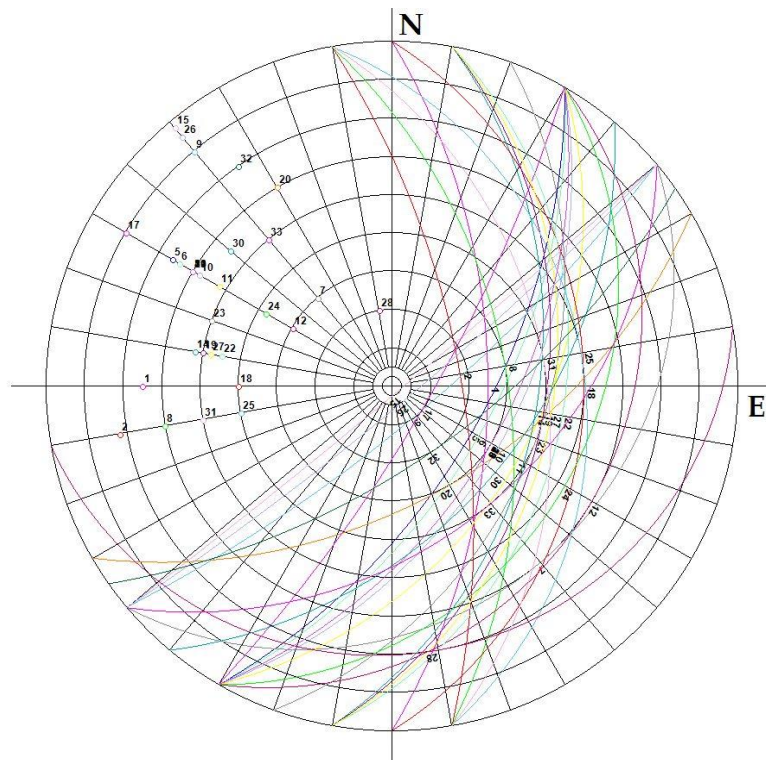
Note: JCS e apertura non determinati, JRC valutato da una singola misurazione

- BALMUCCIA (VC) -

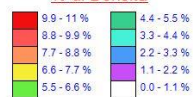
SET: K1

TIPO: frattura

GIACITURA MEDIA: 123/59 (immersione inclinazione)

Dati

Concentrazione max = 11.0
 Numero Poli analizzati: 33
 area = 1%
 Correzione NO

% di Densità

RELAZIONE GEOLOGICA

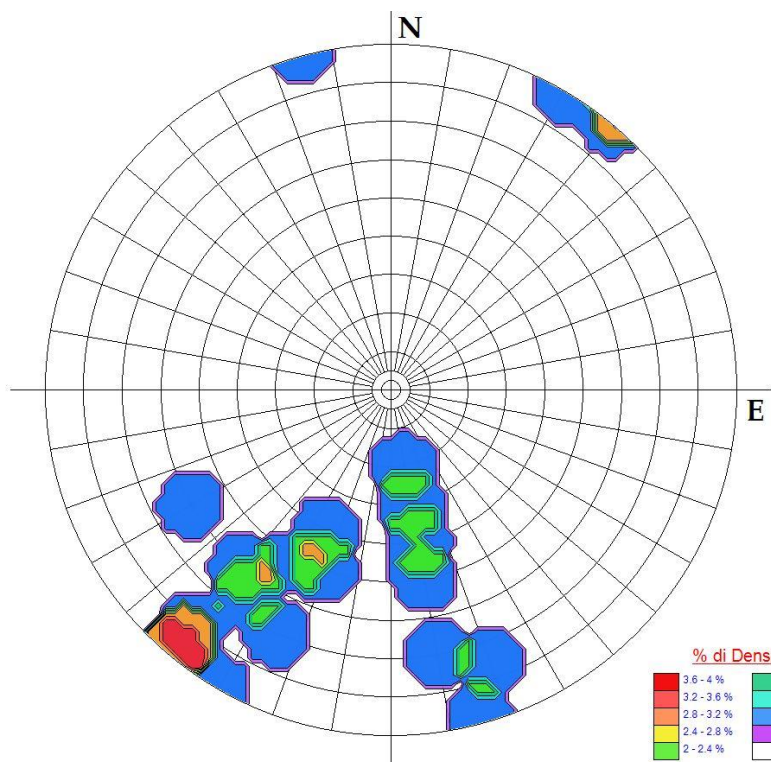
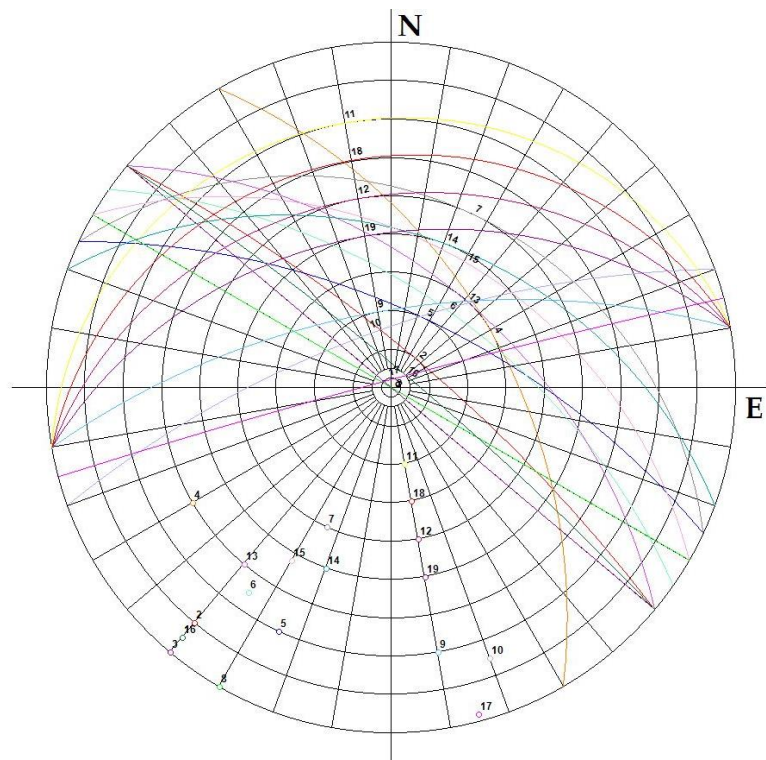
- PROGETTO DEFINITIVO -

- BALMUCCIA (VC) -

SET: K2

TIPO: frattura

GIACITURA MEDIA: 20/84 (immersione inclinazione)



RELAZIONE GEOLOGICA

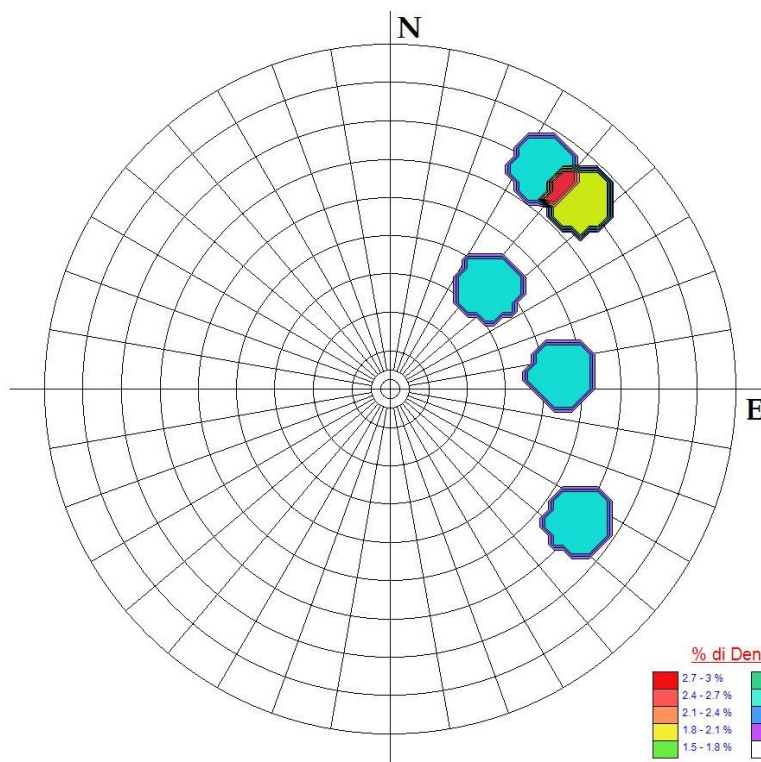
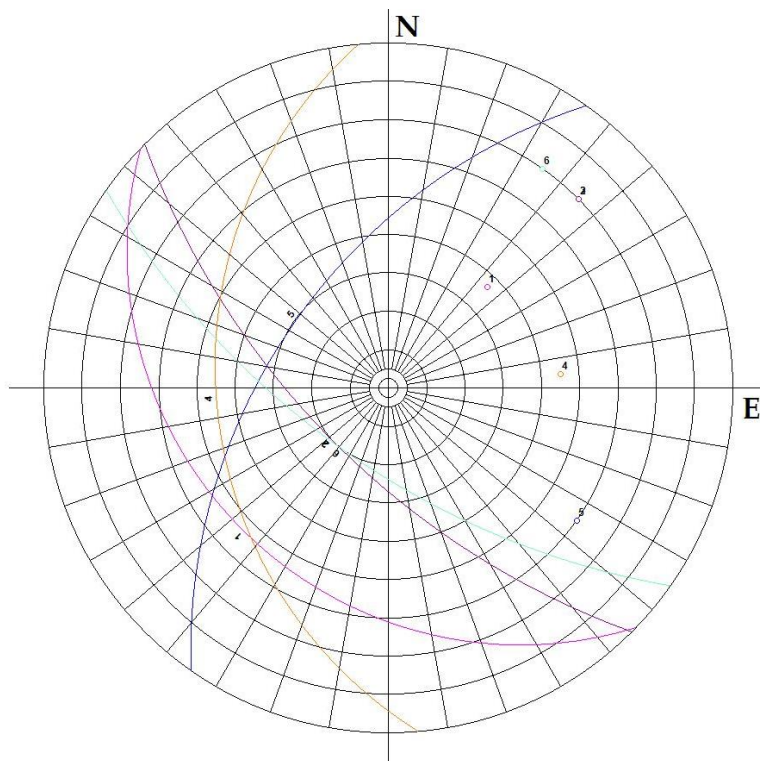
- PROGETTO DEFINITIVO -

- BALMUCCIA (VC) -

SET: K3

TIPO: frattura

GIACITURA MEDIA: 220/50 (immersione inclinazione)

**Dati**

Concentrazione max = 3.0
Numero Poli analizzati: 6
area = 1%
Correzione NO

% di Densità

2.7 - 3 %	1.2 - 1.5 %
2.4 - 2.7 %	0.9 - 1.2 %
2.1 - 2.4 %	0.6 - 0.9 %
1.8 - 2.1 %	0.3 - 0.6 %
1.5 - 1.8 %	0.0 - 0.3 %

RELAZIONE GEOLOGICA

- PROGETTO DEFINITIVO -

ANALISI DEI CINEMATISMI

Uno dei metodi più utilizzati per valutare la stabilità di un pendio in roccia attraverso le proiezioni stereografiche è costituito dal Test di Markland, che consente di stabilire la possibilità che avvengano scivolamenti o ribaltamenti in un ammasso roccioso fratturato, considerando la giacitura del pendio, la giacitura delle discontinuità e l'angolo di attrito.

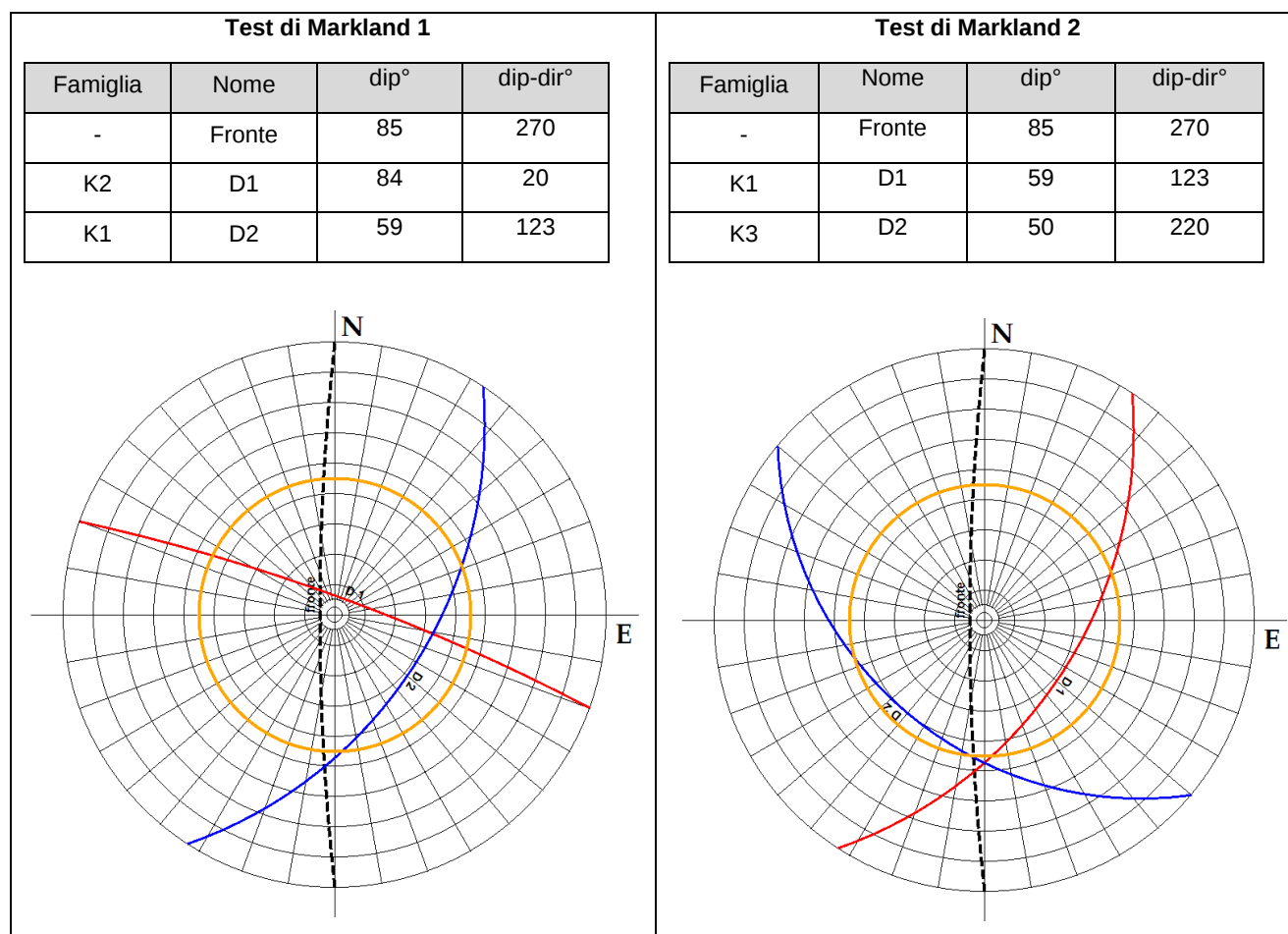
Lo **scivolamento planare** si ha quando: l'angolo di attrito < angolo di discontinuità < pendenza del versante e la differenza tra immersione della discontinuità e l'immersione del versante < 20°.

Lo **scivolamento a cuneo** si ha quando: l'angolo di attrito < angolo di intersezione tra le discontinuità < pendenza del versante e la differenza tra immersione della intersezione e l'immersione del versante < 20°.

Il **ribaltamento** si ha quando: l'inclinazione della discontinuità è > inclinazione del pendio (strati molto inclinati), l'immersione della discontinuità è opposta all'immersione del versante e la differenza tra la direzione della discontinuità e quella del pendio sono circa uguali.

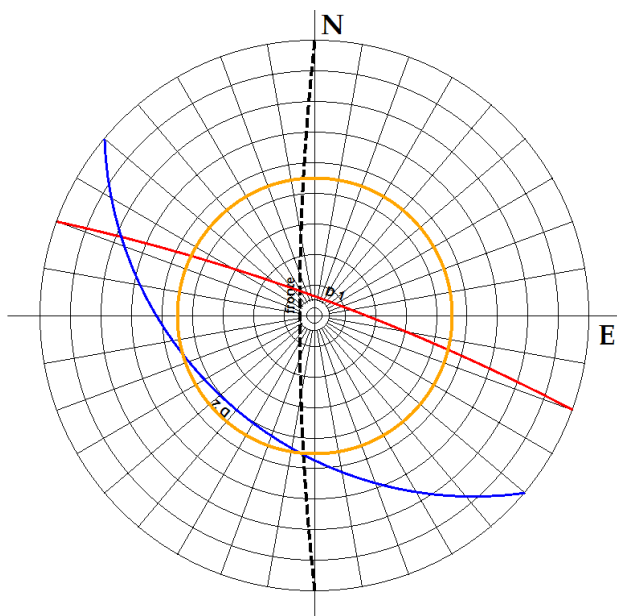
Nel seguente caso sono stati effettuati n.3 test di markland proiettando i piani di discontinuità medi. Oltre ai piani di discontinuità si sono considerati l'inclinazione del pendio e l'angolo di attrito medio rappresentativo delle discontinuità. Quest'ultimo è stato ricavato da bibliografia: $\phi=45^\circ$.

Nelle seguenti figure si riportano i risultati ottenuti.



Test di Markland 3

Famiglia	Nome	dip°	dip-dir°
-	Fronte	85	270
K2	D1	84	20
K3	D2	50	220



Le verifiche cinematiche non rilevano l'insorgenza di instabilità.

CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

I sistemi di classificazione sono applicati allo studio di ammassi rocciosi interessati da opere geotecniche e vengono utilizzati sia per stimare le caratteristiche meccaniche (deformabilità e resistenza) dell'ammasso roccioso considerato come un mezzo continuo equivalente (omogeneo ed isotropo), sia come strumento "progettuale" e cioè per valutare eventuali sistemi di rinforzo e/o sostegno necessari.

I metodi di classificazione permettono di suddividere l'ammasso roccioso in classi di diversa qualità dal punto di vista delle loro proprietà meccaniche globali. Questi metodi esaminano alcune fondamentali caratteristiche della roccia intatta e delle discontinuità, dando, a seconda delle diverse situazioni, dei valori quantitativi per ognuna di esse.

La classificazione geomeccanica utilizzata nella presente trattazione è l'indice RMR (Rock Mass Rating) o di Bieniawski (Bieniawski, 1974, 1989) che prende in considerazione cinque proprietà:

- resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta (R1);
- indice RQD (R2);
- spaziatura delle discontinuità (R3);
- condizioni delle discontinuità (scabrezza, persistenza, apertura, materiali di riempimento e alterazione delle pareti) (R4);
- presenza d'acqua (R5);

PARAMETRI E COEFFICIENTI								
Parametro		Intervalli di valori						
Resistenza del materiale roccia	Resistenza a carico puntiforme	>10	4-10	2-4	1-2			
	Resistenza a compr.mon.	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
Coefficienti R1		15	12	7	4	2	1	0
RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
Coefficienti R2		20	17	13	8	3		
Spaziatura delle discontinuità		>2m	0.6-2m	20-60cm	6-20cm	<6cm		
Coefficienti R3		20	15	10	8	5		
Condizioni delle discontinuità		Sup.molto rugose, non Persistenti, chiuse, pareti alterate	Sup.deb. rugose, apertura <1mm pareti legg. alterate	Sup.deb. rugose apertura.<1 mm pareti int.alter.	Sup. liscie spessore riempimento <5mm	Riemp. plastico >5mm o apert.>5mm pers.		
Coefficienti R4		30	25	20	10	0		
Acque sotterranee		asciutta	umida	bagnata	stillicidio	venute d'acqua		
Coefficienti R5		15	10	7	4	0		

Figura 12 – Tabella dei parametri e coefficienti RMR

PARAMETRO ELEMENTARE	VALORI				
Persistenza	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m
	6	4	2	1	0
Apertura	serrata	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm
	6	5	4	1	0
Rugosità	Molto rugosa	rugosa	Legg.rug.	Liscia	Molto liscia.
	6	5	3	1	0
Riempimento	Assente	<5mm riemp.duro	>5mm riemp.duro	<5mm riemp.molle	>5mm riemp.molle
	6	4	2	2	0
Alterazione	Non alter.	Legg.alter.	Alterata	Molto alter.	Decomposta
	6	5	3	1	0

Figura 13 – Indici del parametro R4

Ad ogni valore o stima dei parametri sopra definiti corrisponde un coefficiente numerico (rating) che contribuisce alla definizione per somma dell'indice RMR_b e così all'attribuzione della relativa classe di appartenenza (classe da I a V).

$$RMR_b = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

RMR_b	100-80	80-60	60-40	40-20	<20
CLASSE	I	II	III	IV	V
QUALITA' AMMASSO	molto buona	buona	media	povera	molto povera

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA:

ROCK MASS RATING (Bieniawsky, 1989)	FAMIGLIA	K1, K2, K3	Coefficienti
	R1 - RESISTENZA DEL MATERIALE ROCCIA		12
	R2 -RQD (%)		20
	R3 -SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA'		10
	R4 - CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'	persistenza	6
		apertura	4
		rugosità	3
		riempimento	6
		alterazione	3
	R5 - VENUTE D'ACQUA		4
	II - BUONA	RMR_b	68

L'indice così definito è utilizzato per la stima delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

Si riassumono di seguito le caratteristiche nominali dell'unità geotecnica che interessa l'intervento in progetto:

- U1 - SUBSTRATO ROCCIOSO: gabbri e miloniti fratturati in superficie



Figura 14 – Ripresa fotografica dei litotipi di interesse

Questa unità può essere caratterizzata dai seguenti valori dei parametri geotecnici nominali:

U1-SUBSTRATO ROCCIOSO: gabbri e miloniti fratturati in superficie

PARAMETRO			
Peso di volume	(γ)	27	kN/m ³
Coesione	(c)	340	kPa
Angolo di attrito	(ϕ)	39	°
Modulo di deformazione	(Em)	36	GPa
Geological strenght index	(GSI)	63	-

Dove:

- Peso di volume γ (kN/m³): da bibliografia di riferimento;
- Coesione c (kPa) = $RMR_b * 5$ (Bieniawski, 1984);
- Angolo di attrito ϕ (°) = $5 + 0,5 * RMR_b$;
- Modulo di deformazione E_m (GPa) = $2 * RMR_b - 100$ (Bieniawski, 1978) se $RMR_b > 50$;
- $GSI = RMR_b - 5$;

INTERVENTI PREVISTI E IMPLICAZIONI GEOLOGICO-APPLICATIVE

I lavori in progetto hanno lo scopo di mettere in sicurezza la strada SP10 dall'eventuale distacco di rocce provenienti dalla parete subverticale che si elevava per altezze comprese tra 7 e 15 m.

A questo scopo sono previste le seguenti opere (per maggiori dettagli si vedano gli elaborati progettuali a firma del Dott. Ing. Giorgio Cerin):

- Abbattimento di alberi e decespugliamento
- Operazioni di disgaggio per l'abbattimento dei volumi di roccia instabili per una superficie di 675 mq e filatura della scarpata
- Rivestimento scarpata con rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale per una superficie di 1008 mq.
- Chiodature per il consolidamento delle pareti rocciose o dei grossi blocchi attraverso la fornitura e posa in opera di barre d'acciaio del diametro di 24 mm.

Le operazioni di disgaggio sono necessarie per eliminare solo i blocchi e le porzioni di roccia giudicati instabili e più fragili: in questo modo si andrà a ridurre la probabilità di caduta di massi instabili.

La rete metallica armata andrà a consolidare la parete rocciosa: gli ancoraggi, di lunghezza pari a 3 m, supereranno la parte superficiale più frantumata e si assesteranno nella porzione più compatta della roccia.

Per quanto riguarda la chiodatura in fase esecutiva verranno individuate le porzioni rocciose da stabilizzare. Verrà controllata anche la presenza e stabilità dei grossi blocchi presenti nella rientranza a monte della scarpata rocciosa (si veda figura 8) e si deciderà se sarà preferibile la loro rimozione o la chiodatura.