

COMMITTENTE:

COMUNE DI BRICHERASIO

OGGETTO:

**REALIZZAZIONE DI SCOGLIERE IN STRADA CESANI
GRANERO ED IN STRADA DELLE ROCCHETTE E DI
CUNETTA STRADALE IN STRADA CESANI SARDEGNA -
PMO SCHEDA 24.01 10.14 - CIG: ZC03BE7508**



LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

**COMUNE DI BRICHERASIO - STRADA CESANI GRANERO - STRADA
DELLE ROCCHETTE - STRADA CESANI SARDEGNA**

CODICE AREA:

GEO

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO ESECUTIVO

N° ELABORATO:

001

ARCHIVIO: 5956 326 GEO 001 ESE 00

SCALA: -

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

DATA:

**Loranzè, novembre
2023**

CONTROLLO QUALITA' ELABORATI

			REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO	APPROVATO	REV	DATA	NOTE
CODICE	AMBITO PROGETTUALE	RESPONSABILE D'AREA		RESP. AREA	COORDINATORE	RESP. PROG.			
ARC	ARCHITETTURA ED EDILIZIA	Arch. A. DEMARIA - Arch. M. DI PERNA	.	.	I.B.	G.O.	0	08/2023	EMISSIONE PFTE
GEO	AMBIENTE E TERRITORIO	Geol. P. CAMBULI	.	.			1	11/2023	EMISSIONE ESEC
IDR	IDRAULICA	Ing. M. VERNETTI ROSINA	.	.			2	.	.
IEL	IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI	Ing. G. ZAPPALA'	.	.			3	.	.
IME	IMPIANTI FLUIDO MECCANICI	Ing. A. BREGOLIN	.	.			4	.	.
SIC	SICUREZZA	Ing. E. MORTELLO	.	.			5	.	.
STR	STRUTTURE E INFRASTRUTTURE	Ing. A. VACCARONE - Geom. F. TONINO	.	.			6	.	.
VVF	PREVENZIONE INCENDI	Ing. A. BREGOLIN	.	.			7	.	.
EXT	COLLABORATORI ESTERNI	.	.	.			8	.	.
			.	.			9	.	.

PROGETTISTA:

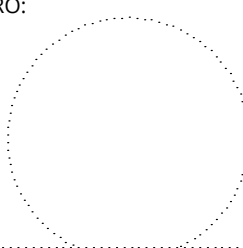
Dott. Ing.
Gianluca ODETTO
N° 7269 J ALBO INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

TIMBRO:





Indice

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	INTERVENTO IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMORFOLOGIA, INTERFERENZE COL TERRITORIO	5
3.1	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	8
3.2	Vincoli geomorfologici.....	11
3.2.1	PRGC comune di Bricherasio	11
3.3	Vincolo idrogeologico.....	13
4	LE OPERE IN PROGETTO.....	14
5	METODO E CODICE DI CALCOLO	16
6	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	20
7	DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO	22
7.1	Analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno	26
8	CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	29
9	AZIONI	30
9.1	Carichi permanenti strutturali	30
9.2	Carichi permanenti non strutturali	30
9.3	Carichi variabili.....	30
10	COMBINAZIONI DI CARICO E ANALISI DI STABILITÀ.....	31
10.1	Descrizione combinazioni di carico delle scogliere	33
11	INTERVENTO A	38
11.1	Modello di calcolo e risultati delle verifiche.....	38
11.2	Geometria di modellazione	39
11.3	Sollecitazioni agenti.....	43
11.4	Verifiche Geotecniche.....	45
11.4.1	Verifica a scorrimento fondazione	45
11.4.2	Verifica a carico limite	45



11.4.3	Verifica a ribaltamento.....	46
11.4.4	Verifica stabilità globale muro + terreno	47
11.5	Risultati delle verifiche	47
12	INTERVENTO C	48
12.1	Modello di calcolo e risultati delle verifiche	48
12.2	Geometria di modellazione	49
12.3	Sollecitazioni agenti.....	52
12.4	Verifiche Geotecniche.....	53
12.4.1	Verifica a scorrimento fondazione	53
12.4.2	Verifica a carico limite	53
12.4.3	Verifica a ribaltamento.....	55
12.4.4	Verifica stabilità globale muro + terreno	55
12.5	Risultati delle verifiche	56
13	CONCLUSIONI	57

1 PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Bricherasio ha incaricato, con Det. n. 111 del 18/07/2022, il sottoscritto Dott. Ing. ODETTO Gianluca, in qualità di rappresentante dello Studio Sertec engineering consulting s.r.l. con sede legale in Strada provinciale 222 No.31 – 10010 Loranze (TO), della redazione del progetto per la realizzazione dei lavori di "REALIZZAZIONE DI SCOGLIERE IN STRADA CESANI GRANERO ED IN STRADA DELLE ROCCHETTE E DI CUNETTA STRADALE IN STRADA CESANI SARDEGNA" - PMO Scheda 24.01 10.14 - CIG: ZC03BE7508.

Il presente progetto, che costituisce il grado esecutivo ai sensi dell'art. 41 comma 8 del D.Lgs. n. 36 del 31/03/2023, fa seguito al progetto di fattibilità tecnico ed economica, approvato con deliberazione della Giunta Comunale n. 80 del 11/09/2023 , e: a) sviluppa un livello di definizione degli elementi tale da individuarne compiutamente la funzione, i requisiti, la qualità e il prezzo di elenco; b) è corredato del piano di manutenzione dell'opera per l'intero ciclo di vita e determina in dettaglio i lavori da realizzare, il loro costo e i loro tempi di realizzazione; c) se sono utilizzati metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni, sviluppa un livello di definizione degli oggetti rispondente a quanto specificato

nel capitolato informativo a corredo del progetto; d) di regola, è redatto dallo stesso soggetto che ha predisposto il progetto di fattibilità tecnico-economica. Nel caso in cui motivate ragioni giustifichino l'affidamento disgiunto, il nuovo progettista accetta senza riserve l'attività progettuale svolta in precedenza.

A seguito di un rapido inquadramento topografico e vincolistico dell'area in esame e della descrizione della totalità degli interventi in progetto, si riporta la descrizione dettagliata e le verifiche geotecniche di stabilità delle scogliere in massi di cava posati a secco.

Le opere in progetto oggetto di verifica, sono illustrate sulle tavole grafiche allegate al progetto.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- L.G. Cons. Sup. LL.PP. allegato al voto n. 36 del 27/07/2007 – *“Pericolosità sismica e Criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale”*;
- R.D. n. 3267 del 30/12/1923 – *“Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”*;
- D.M. 11/03/1988 – *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazioni”*.
- Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24 /09/1988 – *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazioni. Istruzioni per l'applicazione.”*;
- Legge n. 64 del 02/02/1974 – *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*;
- D.M. del 24/01/1986 – *“Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche”*;
- D.M. del 16/01/1996 – *“Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”*;
- Circolare n. 65 del 10/04/1997 – *“Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. del 16/01/1996”*;
- D.M. del 17/01/2018 – *“Norme tecniche per le costruzioni”*;
- Circolare n. 7 del 21/01/2019 – *“Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”*.

3 INTERVENTO IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMORFOLOGIA, INTERFERENZE COL TERRITORIO

Gli interventi in progetto sono localizzati nel comune di Bricherasio (TO), nelle vicinanze della strada Cesani Granero, strada cesani Sardegna e località Pedaggio.

- Intervento A- Scogliera di sottoscarpa in massi posati a secco in Strada Cesani Granero



Figura 1 - Inquadramento fotografico dello stato attuale – Intervento A - Strada Cesani Granero



- Intervento B – Allargamento sedime stradale e canaletta in mezzi tubi metallici in Strada Cesani Sardegna.



Figura 2 - Inquadramento fotografico dello stato attuale – Intervento B - Strada Cesani Sardegna

- Intervento C– Scogliera di sottoscarpa in massi posati a secco in località Pedaggio.



Figura 3 - Inquadramento fotografico dello stato attuale – Intervento C – Località Pedaggio



3.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il presente progetto riguarda gli interventi di manutenzione e ripristino di opere di sostegno e di drenaggio superficiale, nelle le strade comunali Santa Cesani Granero, Cesani Sardegna e località Pedaggio, ed hanno il seguente riscontro su Carta Tecnica Regionale CTR: 172160.

Le coordinate baricentriche, geografiche e chilometriche UTM WGS 84, del luogo in cui sono previste le opere in progetto sono le seguenti:

- Intervento A: Strada Cesani Granero

Geografiche	
Latitudine	44°50'6.02"N
Longitudine	7°17'46.70"E

Chilometriche	
Nord	4966035.1654 m N
Est	365346.4558 m E

- Intervento B: Strada Cesani Sardegna

Geografiche	
Latitudine	44°50'2.06"N
Longitudine	7°17'47.24"E

Chilometriche	
Nord	4965920.0588 m N
Est	365351.8203 m E

- Intervento C: Località Pedaggio

Geografiche	
Latitudine	44°49'55.17"N
Longitudine	7°17'46.62"E

Chilometriche	
Nord	4965698.5916m N
Est	365335.7107m E

Si riportano a seguire degli estratti cartografici con individuazione dell'ubicazione dell'intervento.



Figura 4 Inquadramento dell'area d'intervento su sfumo in scala 1:50'000

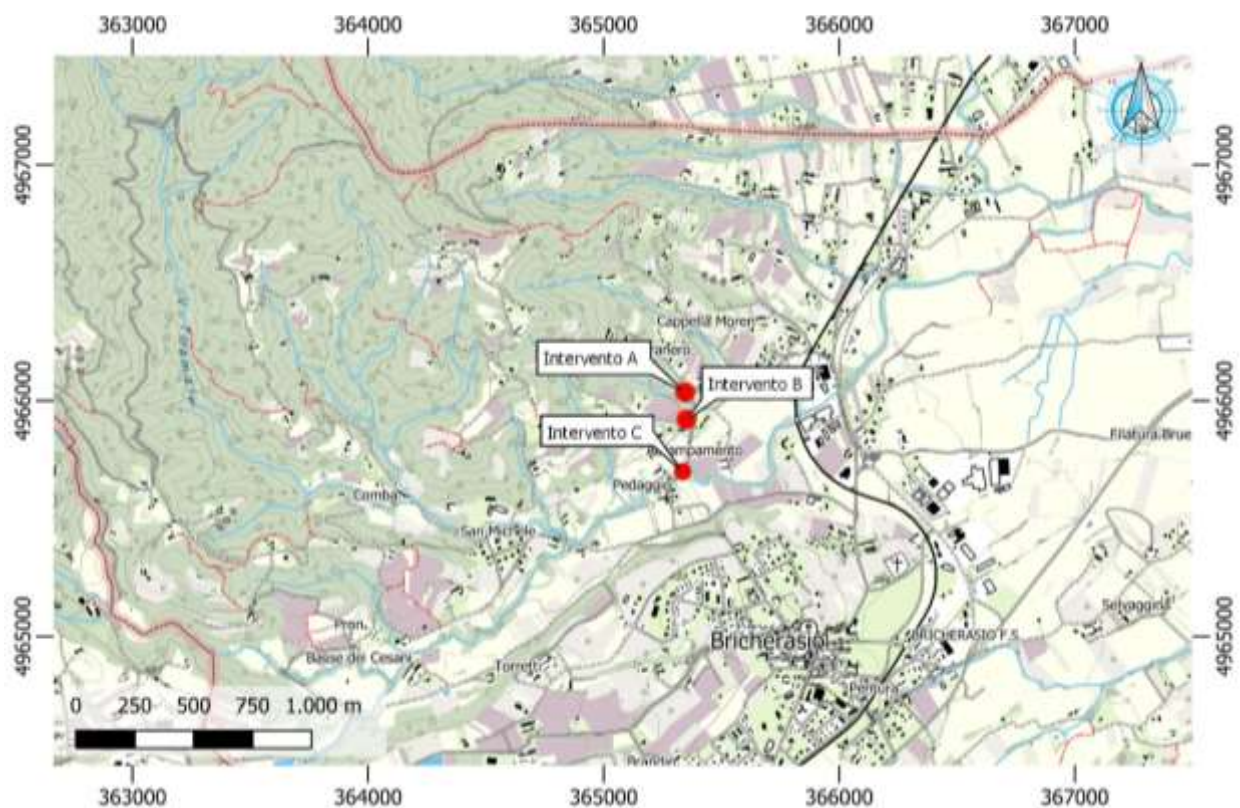


Figura 5 Inquadramento dell'area d'intervento su bdte 1:25000

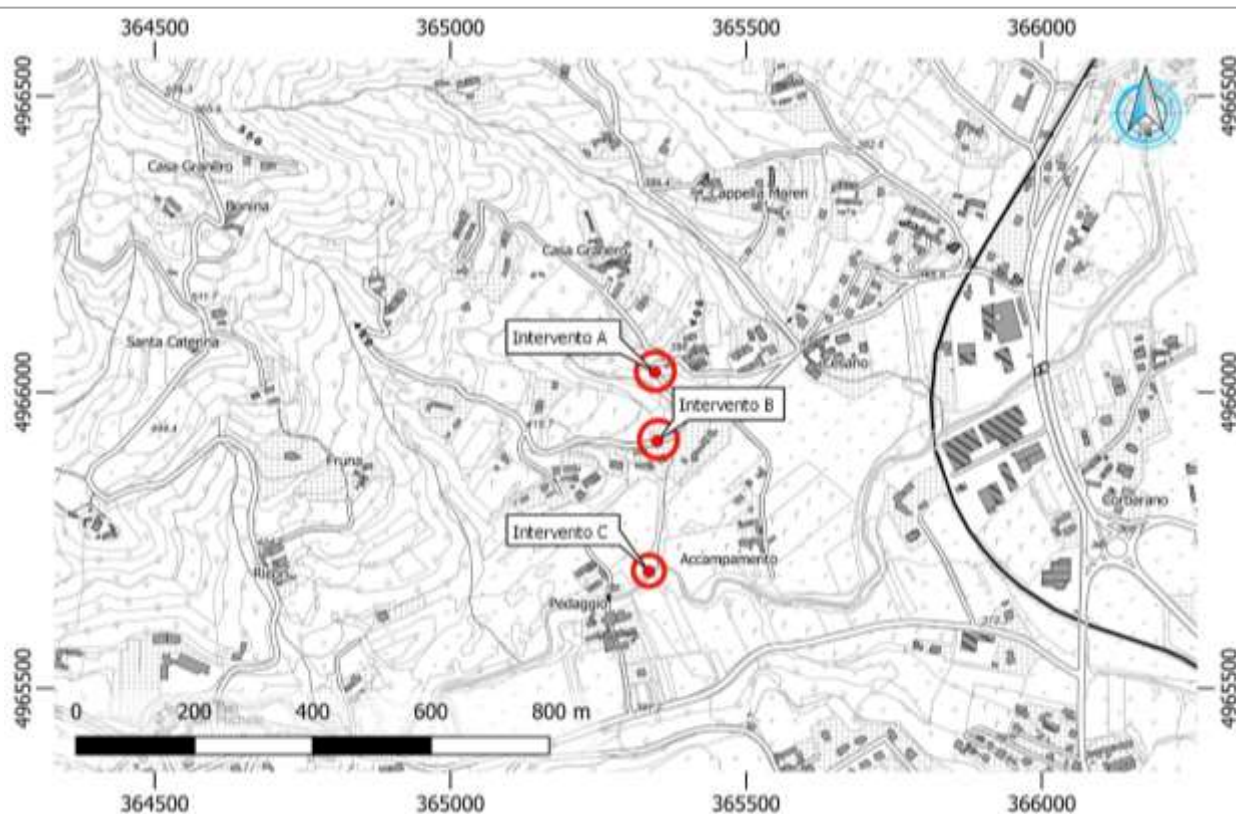


Figura 6 Inquadramento dell'area d'intervento su bdtre 1:10000

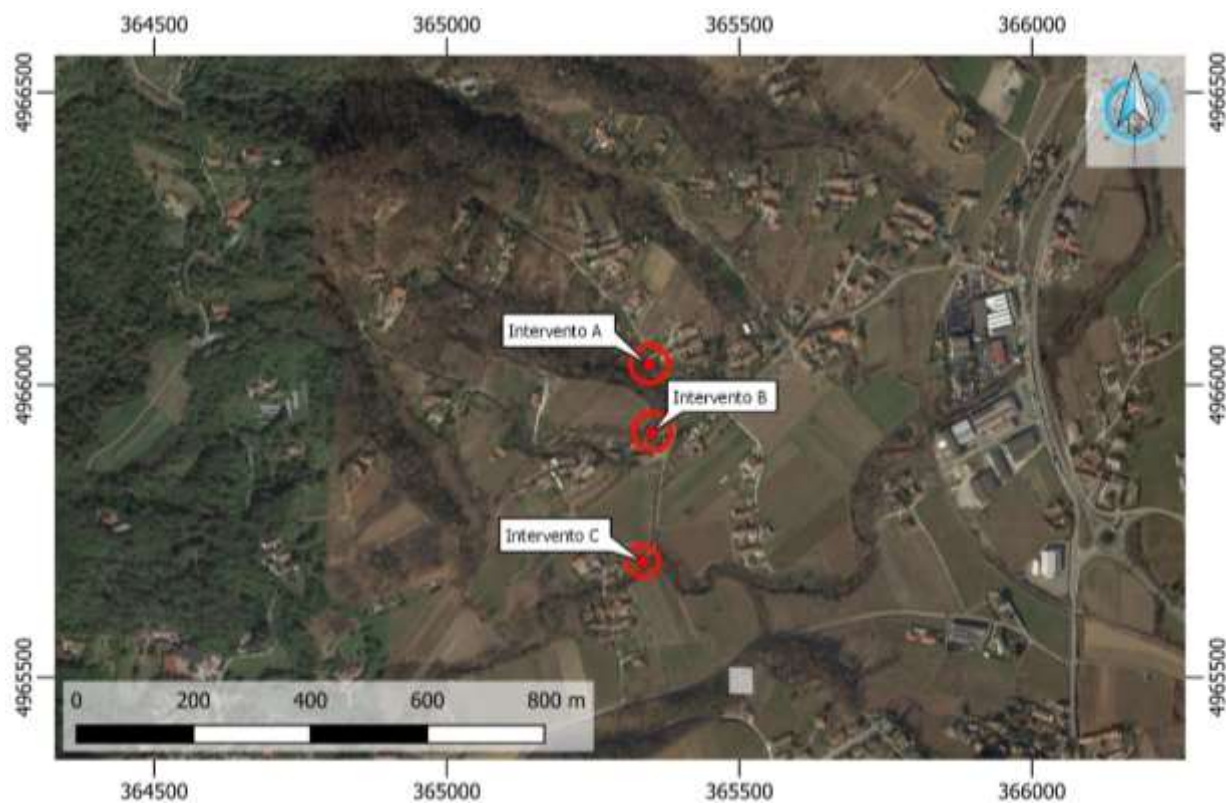


Figura 7 Ubicazione intervento su ortofoto – Google Satellite

3.2 Vincoli geomorfologici

Consultando il piano regolatore comunale, il database del Geoportale dell'Arpa Piemonte e della regione Piemonte è stato possibile reperire la cartografia relativa ai processi geomorfologici che hanno interessato l'area oggetto di studio.

Non sono presenti i vincoli relativi alla direttiva alluvioni e fasce fluviali, poiché l'intervento in progetto è localizzato in zona collinare in cui suddette perimetrazioni sono assenti.

Nell'area, in un intorno significativo, non sono presenti perimetrazioni RME.

Dalla consultazione degli archivi SIFRAP e degli archivi Frane ARPA¹, in un intorno significativo non sono presenti segnalazione di fenomeni franosi che abbiano interessato in passato l'area.²

3.2.1 PRGC comune di Bricherasio

Dalla consultazione della *carta di sintesi geomorfologica*, del PRGC del comune di Bricherasio (TO), nel settore degli interventi si riportano come aree gravate da condizionamenti negativi ai fini urbanistici (**Classe III** ex Circolare P.G.R. n.7/LAP).

¹ Carta delle Frane. Il tema, tratto dalla Banca Dati dei Processi Geologici realizzata dalla Regione Piemonte nella seconda metà degli anni '80, espone le diverse tipologie di frana connesse ad instabilità pregressa ed attuale. Le frane riguardanti il substrato vengono distinte tipologicamente in accordo alla classificazione di Varnes (1978). Ad ogni singola tipologia (ad eccezione dei "crolli") sono associate informazioni inerenti la velocità dei movimenti durante le attivazioni sia per la fase preparatoria, sia per la fase di collasso. Vengono inoltre fornite indicazioni sullo stato di evoluzione dei movimenti distinguendo le frane antiche o recenti caratterizzate da attivazioni più o meno ricorrenti negli ultimi 30 anni, da quelle per lo più antiche caratterizzate da diffusa quiescenza. I diversi fenomeni sono stati rilevati sistematicamente tramite studio fotointerpretativo associato a rilievi di terreno spesso integrato e vagliato con informazioni storiche di archivio esaminate a partire da documenti del XIX° secolo. I metadati riportano anche la legenda più dettagliata.

² Carta delle Frane. Il tema, tratto dalla Banca Dati dei Processi Geologici realizzata dalla Regione Piemonte nella seconda metà degli anni '80, espone le diverse tipologie di frana connesse ad instabilità pregressa ed attuale. Le frane riguardanti il substrato vengono distinte tipologicamente in accordo alla classificazione di Varnes (1978). Ad ogni singola tipologia (ad eccezione dei "crolli") sono associate informazioni inerenti la velocità dei movimenti durante le attivazioni sia per la fase preparatoria, sia per la fase di collasso. Vengono inoltre fornite indicazioni sullo stato di evoluzione dei movimenti distinguendo le frane antiche o recenti caratterizzate da attivazioni più o meno ricorrenti negli ultimi 30 anni, da quelle per lo più antiche caratterizzate da diffusa quiescenza. I diversi fenomeni sono stati rilevati sistematicamente tramite studio fotointerpretativo associato a rilievi di terreno spesso integrato e vagliato con informazioni storiche di archivio esaminate a partire da documenti del XIX° secolo. I metadati riportano anche la legenda più dettagliata.

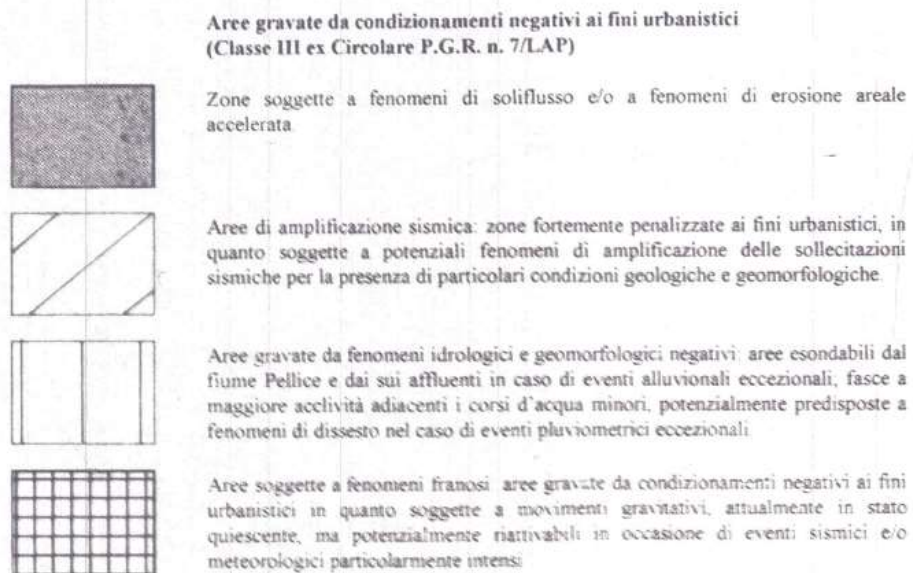
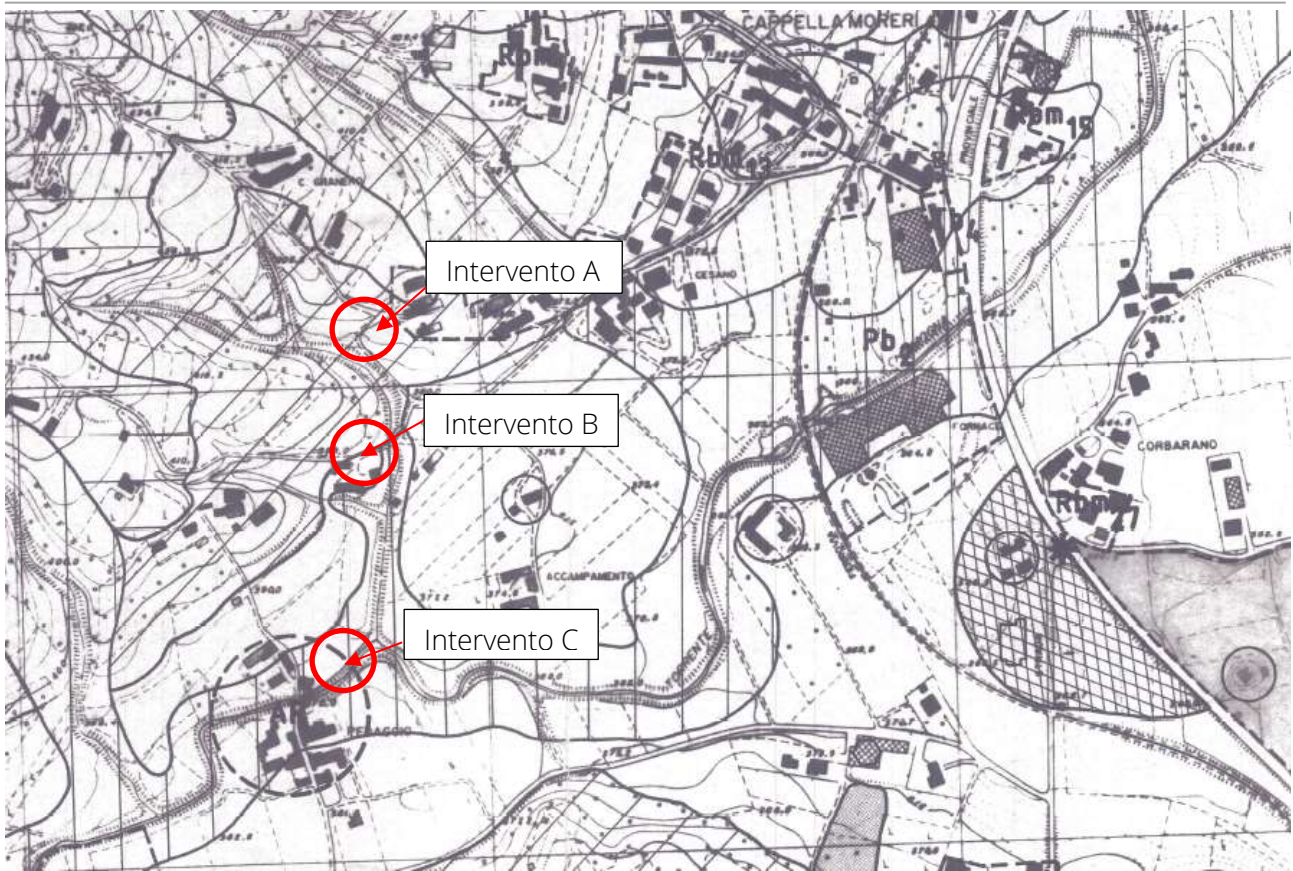


Figura 8: Estratto G.5 Carta geomorfologica e dei dissesti

Gli interventi A e B ricadono in **Classe III**: aree di amplificazione sismica: zone fortemente penalizzate ai fini urbanistici, in quanto soggette a potenziali fenomeni di amplificazione delle sollecitazioni sismiche

per la presenza di particolari condizioni geologiche e geomorfologiche. L'intervento C ricade in **Classe III**: aree gravate da fenomeni idrologici e geomorfologici negativi, aree esondati dal fiume Pellice e dai suoi affluenti in caso di eventi alluvionali eccezionali, fasce a maggiore acclività adiacenti i corsi d'acqua minori potenzialmente predisposte a fenomeni di dissesto nel caso di eventi pluviometrici eccezionali. Carta di sintesi allegata al PRGC del comune di Bricherasio.

Trattandosi di opere di interesse pubblico, il cui obiettivo è la manutenzione, il ripristino ed il completamento di opere di sostegno, la loro realizzazione è consentita ai sensi della normativa vigente.

3.3 Vincolo idrogeologico

Gli interventi **non ricadono** tra le aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi della L.R. 45/1989.

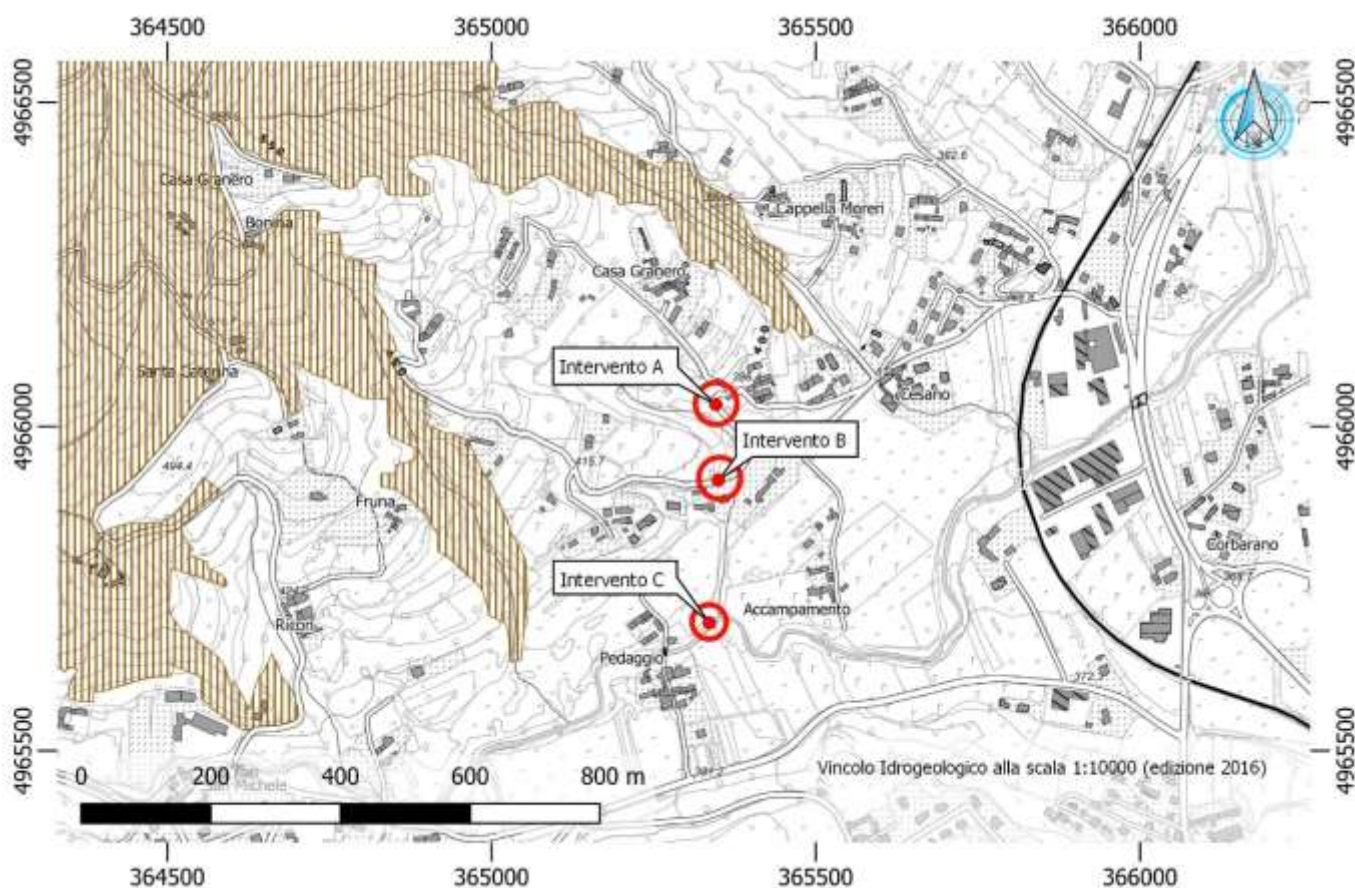


Figura 9 Ubicazione intervento su Vincolo idrogeologico



4 LE OPERE IN PROGETTO

Il presente progetto riguarda la realizzazione di scogliera in strada Cesani Granero ed in strada delle Rocchette e di canaletta stradale in strada Cesani Sardegna.

In particolare le lavorazioni previste sono:

Intervento A – scogliera in strada Cesani Granero

- Realizzazione di una scogliera di sottoscarpa in massi di cava posati a secco per una lunghezza di circa 8 m, previo taglio e rimozione di porzione di pavimentazione bituminosa, scavo a sezione obbligata, rinterro e trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta, avente una fondazione di larghezza media di 1.40 m con altezza pari a 0.80 m, l'elevazione avrà uno spessore pari ad 80 cm in testa e 100 cm alla base per un'altezza pari a 250 cm;
- Realizzazione di una cunetta in c.a. gettato in opera per una lunghezza di 20 m di cui 8 m in testa alla nuova scogliera, sezione 0,50 x 0,25 m, previo scavo a sezione obbligata rinterro e trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta;
- Ripristino pavimentazione bituminosa mediante misto granulare anidro sp. 20 cm, tout-venant sp. 10 cm, emulsione bituminosa e binder sp. 6 cm;
- Pulizia e sistemazione area di cantiere.

Intervento B – regimazione acque in strada Cesani Sardegna

- Tratto di canale da tombare con una tubazione in cls autoportante per una lunghezza di 2 m avente una resistenza minima di 1.00 kN e DN 30 cm previo scavo a sezione obbligata, demolizione tratto di canale in c.a. (se necessario), rinterro e trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta;
- Fornitura e posa pozzetto di raccordo in cls prefabbricato delle dimensioni interne 60x60x60 cm con chiusino in ghisa sferoidale classe D400, al fine di convogliare le acque derivanti dall'attraversamento stradale esistente e dalla canaletta in progetto, previa fondazione dello stesso in cls sp. 10 cm armato con rete elettrosaldata;
- Fornitura e posa canaletta semicircolare in acciaio ondulato zincato del diametro di 60 cm per una lunghezza di circa 19 m, alla base verrà realizzata una fondazione in cls (in modo che la stessa non

cedi o si dissesti) dello spessore di 10 cm armata con rete elettrosaldata, previo scavo a sezione obbligata, rinterro e trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta;

- A monte della canaletta si è prevista la realizzazione di uno scivolo in c.a. delle dimensioni di circa 200x100x20 cm, al fine di indirizzare le acque ruscellanti dalla piattaforma stradale nella canaletta in acciaio, previo scavo a sezione obbligata, rinterro e trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta;
- Allargamento stradale per una superficie di circa 11 mq mediante misto granulare anidro sp. 20 cm, tout-venant sp. 10 cm, emulsione bituminosa e binder sp. 6 cm;
- Pulizia e sistemazione area di cantiere.

Intervento C – scogliera in strada Rocchette sponda sinistra del Torrente Chiamogna

- Realizzazione di una scogliera di sottoscarpa in sponda sinistra orografica del Torrente Chiamogna in massi di cava posati a secco per una lunghezza di circa 8 m, previo scavo a sezione obbligata, rinterro e trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta, avente uno spessore pari ad 80 cm in testa e 110 cm alla base per un'altezza complessiva pari a 200 cm;
- Ripristino pavimentazione sterrata mediante misto granulare anidro sp. 20 cm;
- Pulizia e sistemazione area di cantiere.

Nelle tavole grafiche di progetto sono esaurientemente rappresentate le caratteristiche progettuali delle opere descritte nella presente relazione.



5 METODO E CODICE DI CALCOLO

I calcoli per il dimensionamento strutturale delle opere sono stati condotti adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite, verificandone i requisiti di sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica) e allo stato limite di esercizio. L'analisi delle azioni sismiche ha comportato inoltre la valutazione delle relative deformazioni.

La schematizzazione della procedura progettuale adottata può essere sinteticamente così riassunta:

- Individuazione della classe d'uso dell'opera e della sua vita utile;
- Definizione delle azioni agenti in condizioni statiche e dinamiche attraverso l'individuazione delle condizioni di carico;
- Predisposizione delle combinazioni di carico, con i relativi coefficienti di combinazione allo SLU, SLE, SLV, SLD;
- Analisi dell'involuppo delle azioni agenti;
- Dimensionamento degli elementi strutturali e verifica della funzionalità delle strutture progettate.

La sicurezza e le prestazioni sono state garantite verificando gli stati limite sopra definiti in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme.

L'analisi strutturale condotta è stata del tipo: **SISMICA STATICA EQUIVALENTE**.

Ai sensi del par. 6.4.2.1 delle NTC/2018 le verifiche sulle opere di fondazione superficiale vanno effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO);
 - o Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
 - o Collasso per scorrimento sul piano di posa;
 - o Stabilità globale.
- SLU di tipo strutturale (STR);
 - o Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale è stata effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2 + M2 + R2)

Tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche vanno effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali previsti all'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I delle NTC/2018.

Ai sensi del par. 6.5.3.1.1 delle NTC/2018, la verifica della scogliera è stata effettuata con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] della norma sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
 - o scorrimento sul piano di posa;
 - o collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
 - o ribaltamento;
 - o stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - o raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno	
Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

Tabella 1 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno (Tab.6.5.I delle NTC2018)



La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo di verifica di stabilità della scogliera sono stati effettuati con il programma di modellazione Max 16, prodotto da Aztec Utility.

Il software MAX è dedicato all'analisi e al calcolo dei muri di sostegno. I tipi di muro che è possibile analizzare con il programma Max sono:

- Muri a gravità;
- Muri a semigravità;
- Muri in calcestruzzo armato.

Possono essere inoltre considerati, in funzione del tipo di muro e del materiale che lo costituisce, muri con:

- Contrafforti;
- Mensole di contrappeso e di marciapiede;
- Pali di fondazione;
- Tiranti di ancoraggio.

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Ai sensi del par. 6.3.4. delle NTC/2018, *"le verifiche di sicurezza per la stabilità di pendii naturali sono state effettuate con metodi che tengono conto del tipo di frana e dei possibili cinematismi, considerando forma e posizione della eventuale superficie di scorrimento, le proprietà meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi e il regime delle pressioni interstiziali.*

La verifica di sicurezza di un pendio non in frana deve essere eseguita lungo superfici di scorrimento cinematicamente possibili, in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso. Inoltre, le verifiche devono essere eseguite assumendo le condizioni più sfavorevoli che ragionevolmente si possono prevedere.

La valutazione del coefficiente di sicurezza dei pendii naturali, espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile (τ_d) e la tensione di taglio agente (τ) lungo la superficie di scorrimento, deve essere eseguita impiegando sia i parametri geotecnici, congruenti con i caratteri del cinematismo atteso o accertato, sia le azioni presi con il loro valore caratteristico. [...]"

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo di entrambi i software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.



6 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.

- Intervento A

Sulla base dell'analisi dei dati di bibliografia, delle conoscenze pregresse su depositi detritici aventi caratteristiche simili a quelli del sito in esame, si possono **ipotizzare** cautelativamente i seguenti valori dei principali parametri geotecnici da assegnare ai terreni che verranno messi in opera.

Descrizione	Peso unità di volume secco [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo d'Attrito [°]	Coesione [kPa]
Depositi detritici	19.00	20.50	33	5
Riempimento	18.50	20.00	33	0

Tabella 2 – Parametri geotecnici

- Intervento C

Sulla base dei sopralluoghi effettuati è stata riscontrata in sito la presenza della roccia e un coltre superficiale di una matrice limosa, si possono **ipotizzare** cautelativamente i seguenti valori dei principali parametri geotecnici da assegnare

Descrizione	Peso unità di volume secco [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo d'Attrito [°]	Coesione [kPa]
Coltre	19.00	20.00	35	5
Riempimento	18.50	20.00	35	0
Roccia	23.00	23.00	37	40

Tabella 3 – Parametri geotecnici



Figura 10. Affioramento roccioso



7 DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

Si riporta di seguito la mappatura del Piemonte che riporta la classificazione sismica del territorio regionale, redatta ai sensi dell' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 11-13058 del 19.01.2010, entrata in vigore con la D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 ed in seguito aggiornata nuovamente con l'entrata in vigore della Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6-887 OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656.

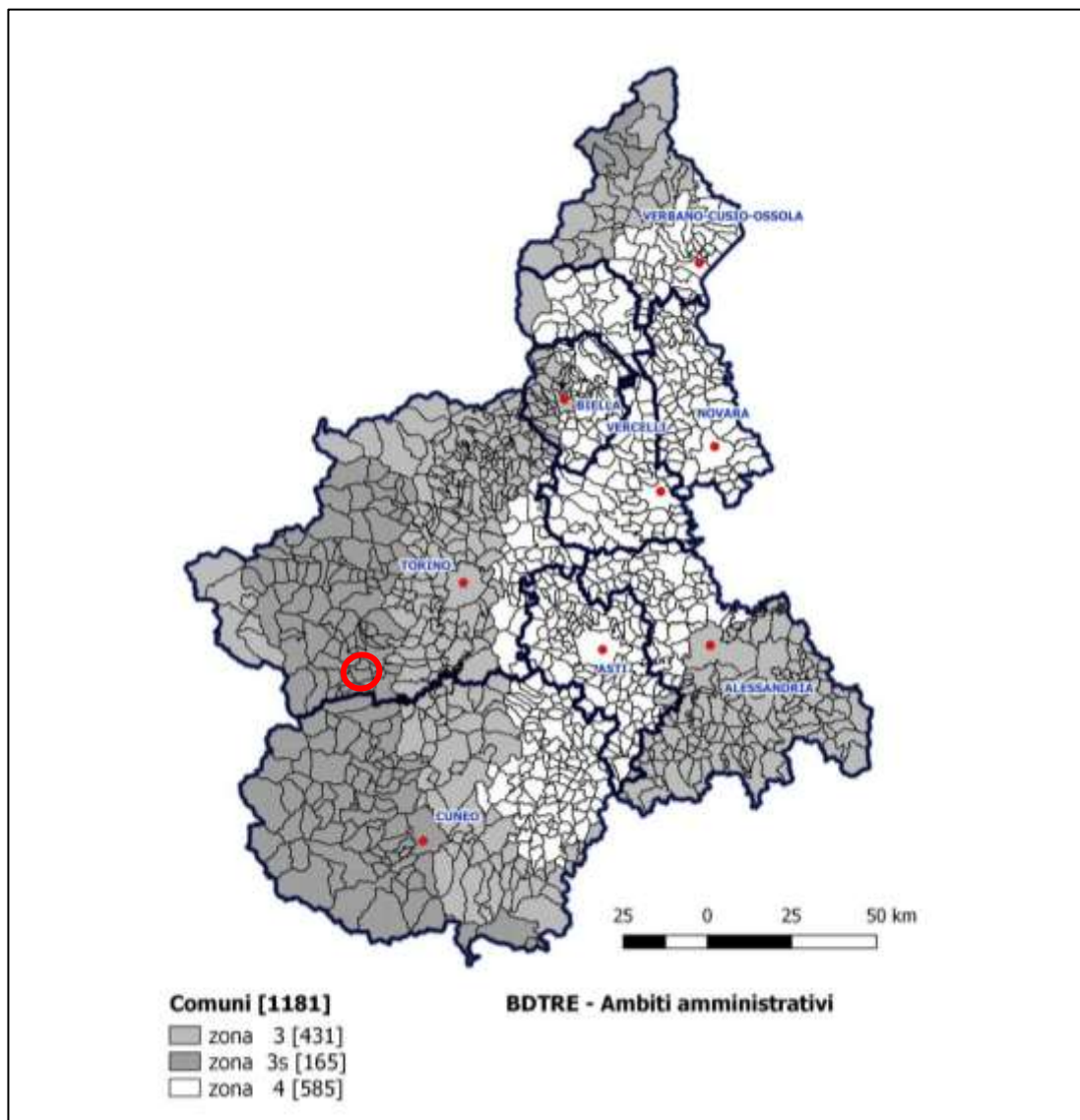


Figura 11 - Mappatura delle aree sismiche in Piemonte.

Il Comune di Bricherasio (TO) rientra tra le aree classificate in Zona 3s: Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti



Regione			PIEMONTE
Provincia			TORINO
Comune			Bricherasio
Coordinate Geografiche del cantiere	Intervento A	Latitudine	44°50'6.02"N
		Longitudine	7°17'46.70"E
	Intervento B	Latitudine	44°50'2.06"N
		Longitudine	7°17'47.24"E
	Intervento C	Latitudine	44°49'55.17"N
		Longitudine	7°17'46.62"E
Altitudine	Intervento A		394 m s.l.m.
	Intervento B		390 m.s.l.m
	Intervento C		380 m.s.l.m
Zona sismica			ZONA 3s
Tipo di opera	TAB. 2.4.I D.M. 17/01/2018		ORDINARIA
Vita nominale V_N	P.to 2.4.1 D.M. 17/01/2018		50 ANNI
Classe d'uso	P.to 2.4.2 D.M. 17/01/2018		II
Coefficiente d'uso C_U	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018		1
Periodo di riferimento per azione sismica V_R	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018		50 ANNI

Tabella 4 – Dati della struttura e zona sismica

Le Norme Tecniche per le Costruzioni individuano le azioni sismiche di progetto a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Le NTC2018 definiscono al par. 3.2 la pericolosità sismica in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR. Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c : valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il calcolo delle opere in oggetto è stato realizzato facendo riferimento ai seguenti parametri:

	T_R [anni]	a_g [m/s ²]	F_0 [-]	T_c [s]
SLO	30	0.388	2.456	0.206
SLD	50	0.515	2.429	0.226
SLV	475	1.304	2.467	0.265
SLC	975	1.643	2.494	0.274

Tabella 5 - Parametri sismici di progettazione



7.1 Analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno

L'analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno, a meno di specifiche analisi dinamiche, in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici e metodi degli spostamenti. Se la struttura può spostarsi, l'analisi pseudo-statica si esegue mediante i metodi dell'equilibrio limite. Il modello di calcolo deve comprendere l'opera di sostegno, il volume di terreno a tergo dell'opera, che si suppone in stato di equilibrio limite attivo, e gli eventuali sovraccarichi agenti sul volume suddetto. Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_s \cdot S_T \cdot S_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$
$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale è necessario individuare il valore del coefficiente topografico S_T , dipendente dalle categorie topografiche illustrate nella seguente tabella:

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche	
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 6 - Categorie topografiche - Tabella 3.2.III D.M. 17/01/2018

Il caso in studio appartiene alla categoria topografica T2, alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.2 (tabella 3.2.V D.M. 17/01/2018)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario inoltre valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento illustrate nella seguente tabella:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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 con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

Tabella 7 - Categorie di sottosuolo da Tabella 3.2.II D.M. 17/01/2018

Non avendo effettuato indagini specifiche in sito, nel caso in progetto si assume che la categoria di sottosuolo sia la D, alla quale corrisponde il valore massimo del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s pari a 1.8.

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Tabella 8 - Espressioni di S_s Tabella 3.2.IV D.M. 17/01/2018

Si valuta infine il valore del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_m , che risulta quantificato come segue:

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

$\beta_m=0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD)

Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.



Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (7.11.1 del D.M. 17/01/2018) e utilizzando valori di β_m incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

Nel caso in questione i valori di β_m sono stati calcolati mediante l'utilizzo del software MAX 16 durante il calcolo delle verifiche di stabilità della scogliera.

- Intervento A

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo - Scorrimento	0.380	10.911	5.456
Ultimo - Carico limite e verifiche strutturali	0.878	25.224	12.612
Ultimo - Ribaltamento	1.000	28.714	14.357
Esercizio	0.470	5.328	2.664

Tabella 9 – Calcolo di β_m secondo Circolare 21/01/2019 n. 7

- Intervento C

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo - Scorrimento	0.380	10.911	5.456
Ultimo - Carico limite e verifiche strutturali	0.768	22.040	11.020
Ultimo - Ribaltamento	1.000	28.714	14.357
Esercizio	1.000	11.336	5.668

Tabella 10 – Calcolo di β_m secondo Circolare 21/01/2019 n. 7

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		1.304	0.515
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.133	0.052
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.467	2.429
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.265	0.226
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		D	1.800	1.800
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	

Tabella 11 – Riassunto dei parametri simili

8 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

Massi di cava e posati a secco: materiale litoide proveniente da disalveo o da cava, non friabile né gelivo, ad elevato peso specifico. Le caratteristiche meccaniche vengono riportate nella seguente tabella:

Resistenza a compressione	(kPa)	30000
Angolo di attrito interno	(°)	45
Resistenza a taglio	(kg/cm ²)	5
Peso di volume	(kg/m ³)	2300

Tabella 12 – Parametri pietrame



9 AZIONI

In accordo con la normativa citata al capitolo 2 della presente relazione, in linea generale vanno considerati nei calcoli le seguenti azioni:

- Carichi permanenti strutturali;
- Carichi permanenti non strutturali;
- Carichi variabili.

9.1 Carichi permanenti strutturali

I carichi permanenti strutturali sono dati dai pesi propri delle strutture e vengono calcolati automaticamente dal software di calcolo. Si considera la massa volumica dei massi di cava posati a secco pari a 2300 kg/m^3 .

9.2 Carichi permanenti non strutturali

Sulle scogliere in progetto non insistono carichi permanenti non strutturali, se non la spinta attiva del terreno stesso di cui sono stati riportati i parametri geotecnici al capitolo 6.

9.3 Carichi variabili

Si considera nelle verifiche un carico variabile veicolare di 2000 kg/m^2 per le scogliere di sottoscarpa

10 COMBINAZIONI DI CARICO E ANALISI DI STABILITÀ

Le combinazioni di carico utilizzate sono quelle previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni. Si elencano in seguito i coefficienti di combinazione, con riferimento alla tabella 2.6.1. del DM, e le relative combinazioni delle azioni:

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.30	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.30	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.50	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Tabella 13- Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche.

Ai fini delle verifiche agli stati limite, con riferimento al par. 2.5.3 si sono definite le seguenti combinazioni delle azioni:

- SLU – Combinazione di carico fondamentale;

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione caratteristica rara;

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione frequente;

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione quasi permanente;

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- Combinazione sismica;

$$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$



Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 14 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

I coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi per le fondazioni superficiali sono riassunti nella seguente tabella:

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Tabella 15 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Si riportano di seguito tutte le combinazioni di carico delle azioni sollecitanti, generate automaticamente dal codice di calcolo, in conformità con le disposizioni della Normativa Tecnica.

10.1 Descrizione combinazioni di carico delle scogliere

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole



Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole



Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 18 - A1-M1-R3 SCOR H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 19 - A1-M1-R3 SCOR H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole



11 INTERVENTO A

11.1 Modello di calcolo e risultati delle verifiche

La scogliera di controripa in massi di cava posati a secco, avrà una lunghezza di circa 10 m, una altezza fuori terra massima di 2.50 m corrispondendo con la sezione più critica, la verifica verrà effettuata con il software MAX16.

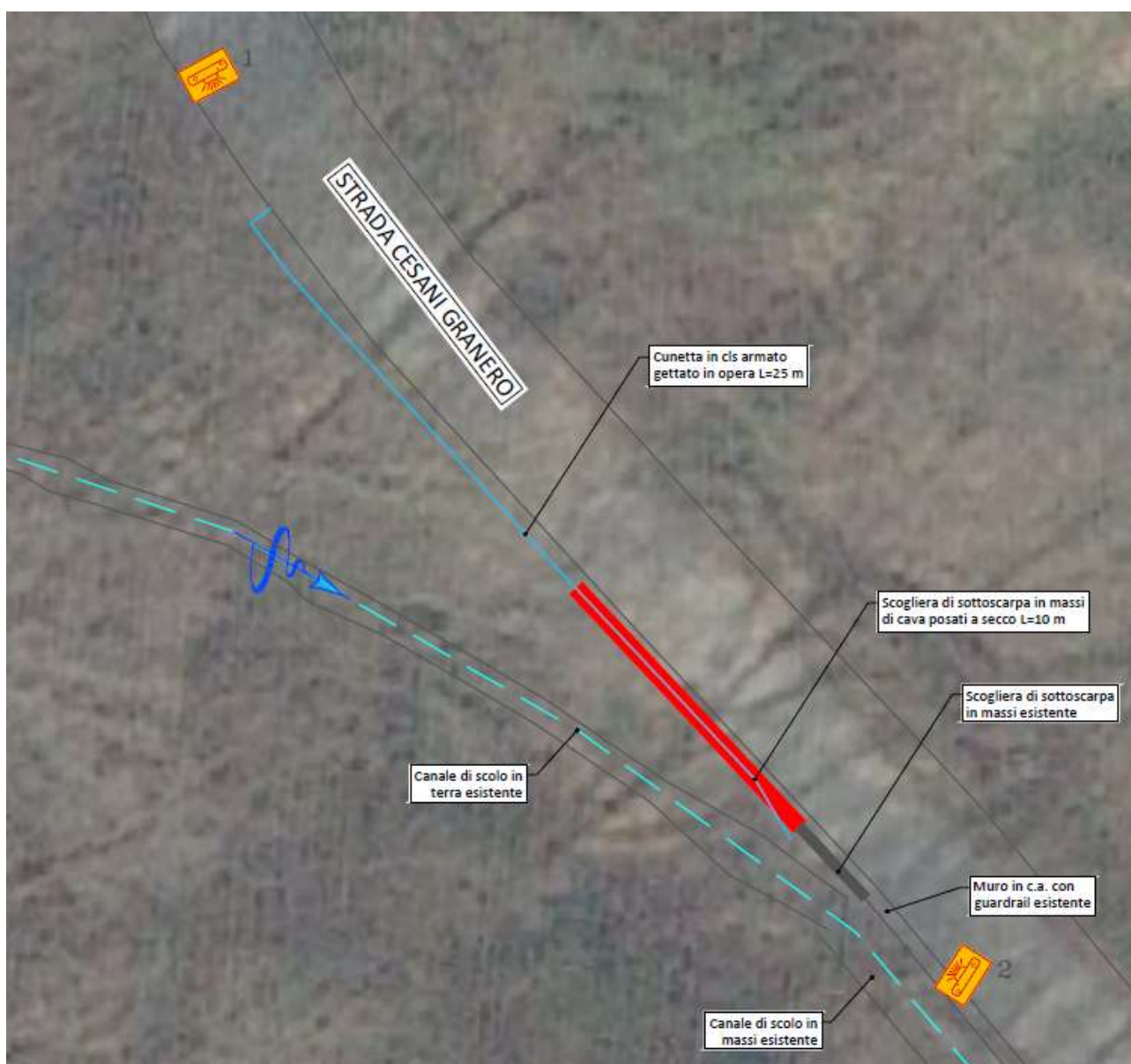


Figura 12 – Estratto _Planimetria_progetto_Strada_Cesani granero

scala 1:20

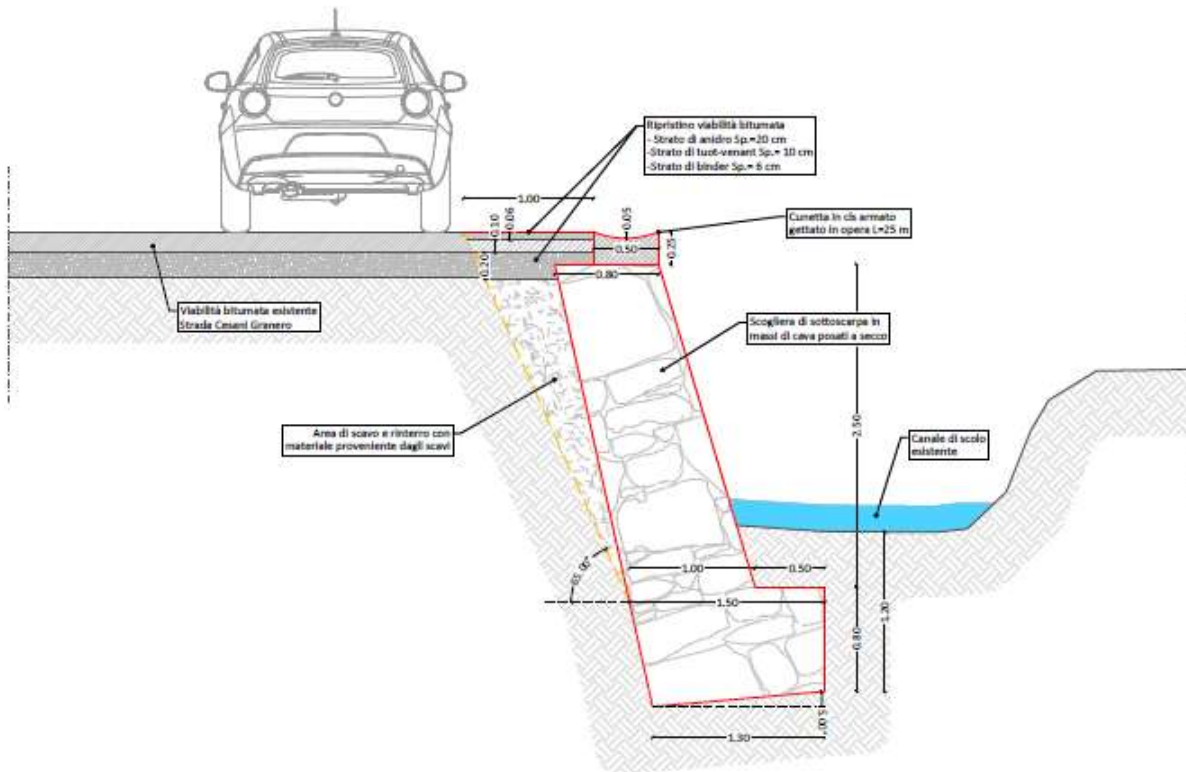


Figura 13 – Sezione di verifica – Intervento Strada Cesani Granero

11.2 Geometria di modellazione

La scogliera in massi di cava posati a secco, avrà una sezione costante per tutta l'estensione, con altezza del paramento massima di 2.50 m, inclinazione interna di approssimativamente 12.50° ed esterna di 17.0° e spessore in testa di 0.80 m.

La fondazione inclinata 5° con rispetto alla orizzontale, spessore di 0.80 m, lunghezza della mensola di valle di 0.50 m per una lunghezza totale di circa 1.35 m.

Si riportano di seguito degli estratti dal software di calcolo, esemplificativi della geometria della sezione verificata e delle condizioni geologico-stratigrafiche e idrogeologiche in cui si inserisce.

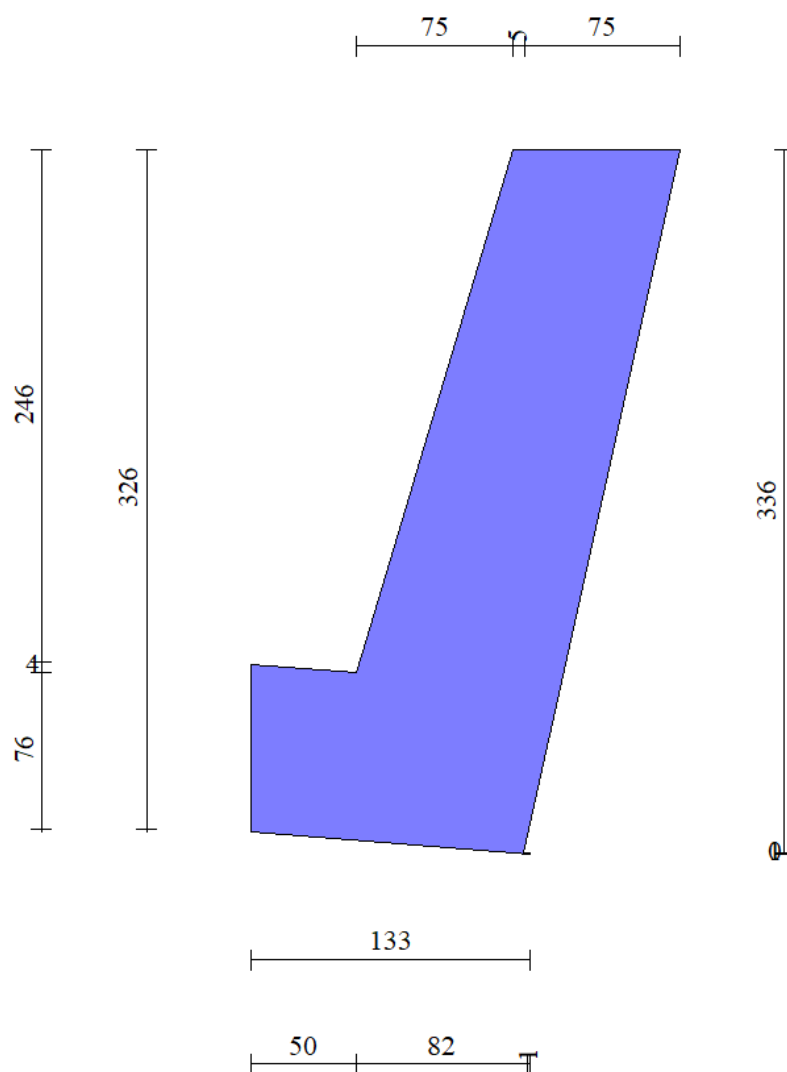


Figura 14 – Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Sezione di verifica – Intervento A

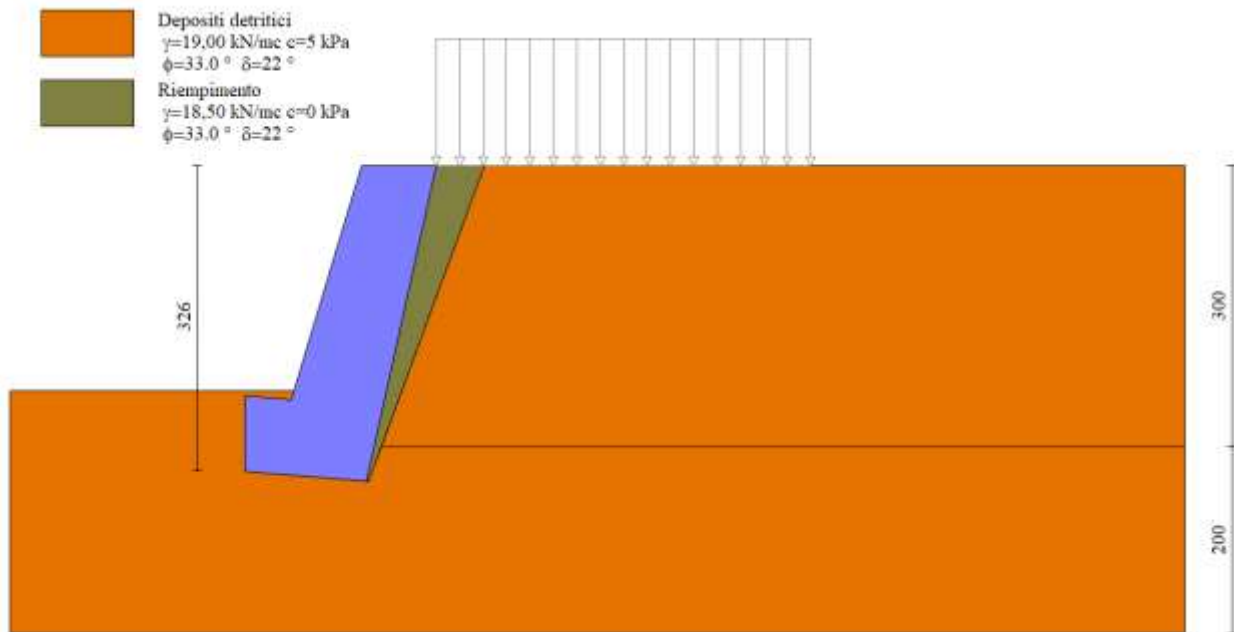


Figura 15 - Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Sezione di verifica – Intervento Strada Cesani Granero



SEZIONE TIPO INTERVENTO A

scala 1:20

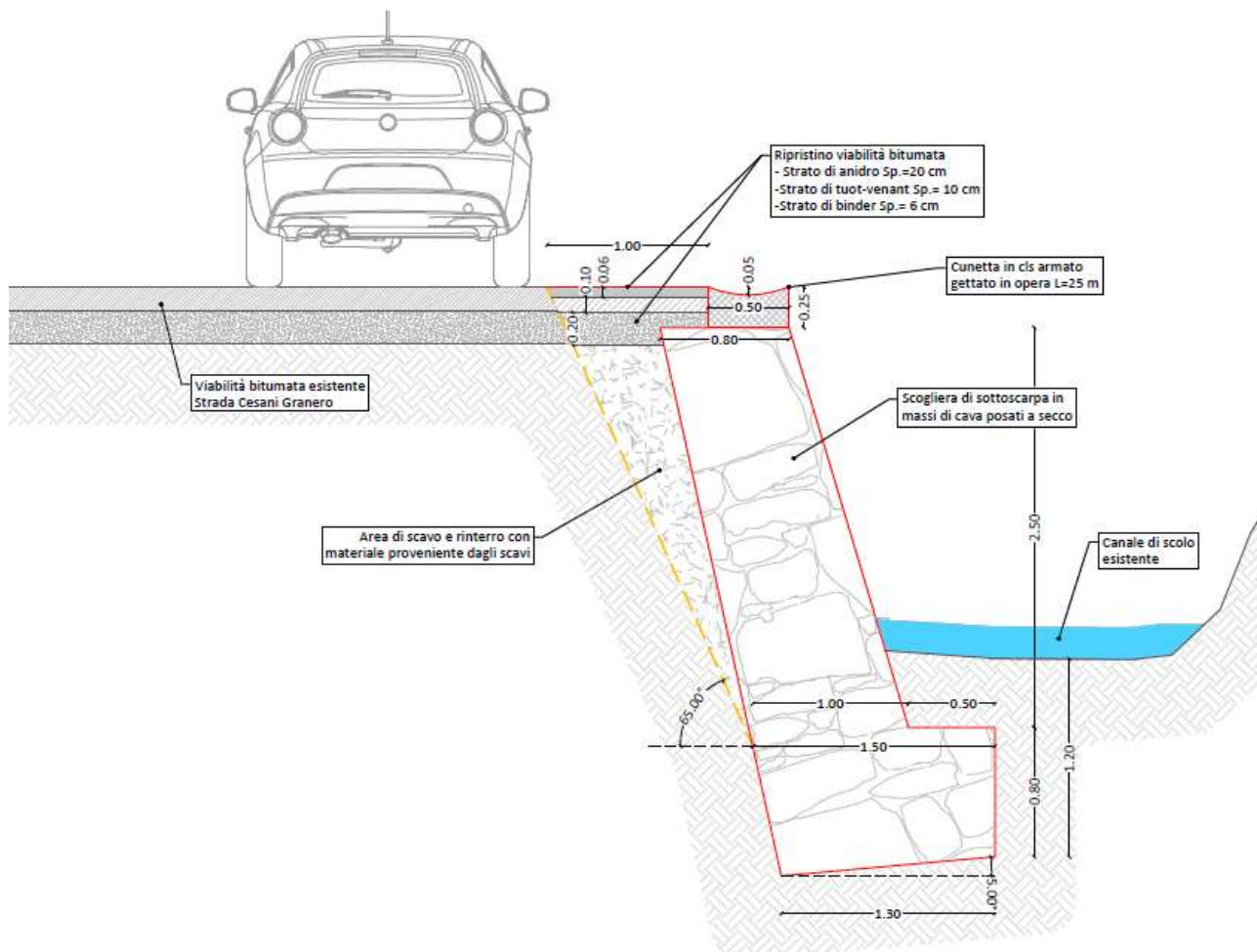


Figura 16 – Confronto con la sezione oggetto di verifica.

11.3 Sollecitazioni agenti

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno e sul terreno di sedime.

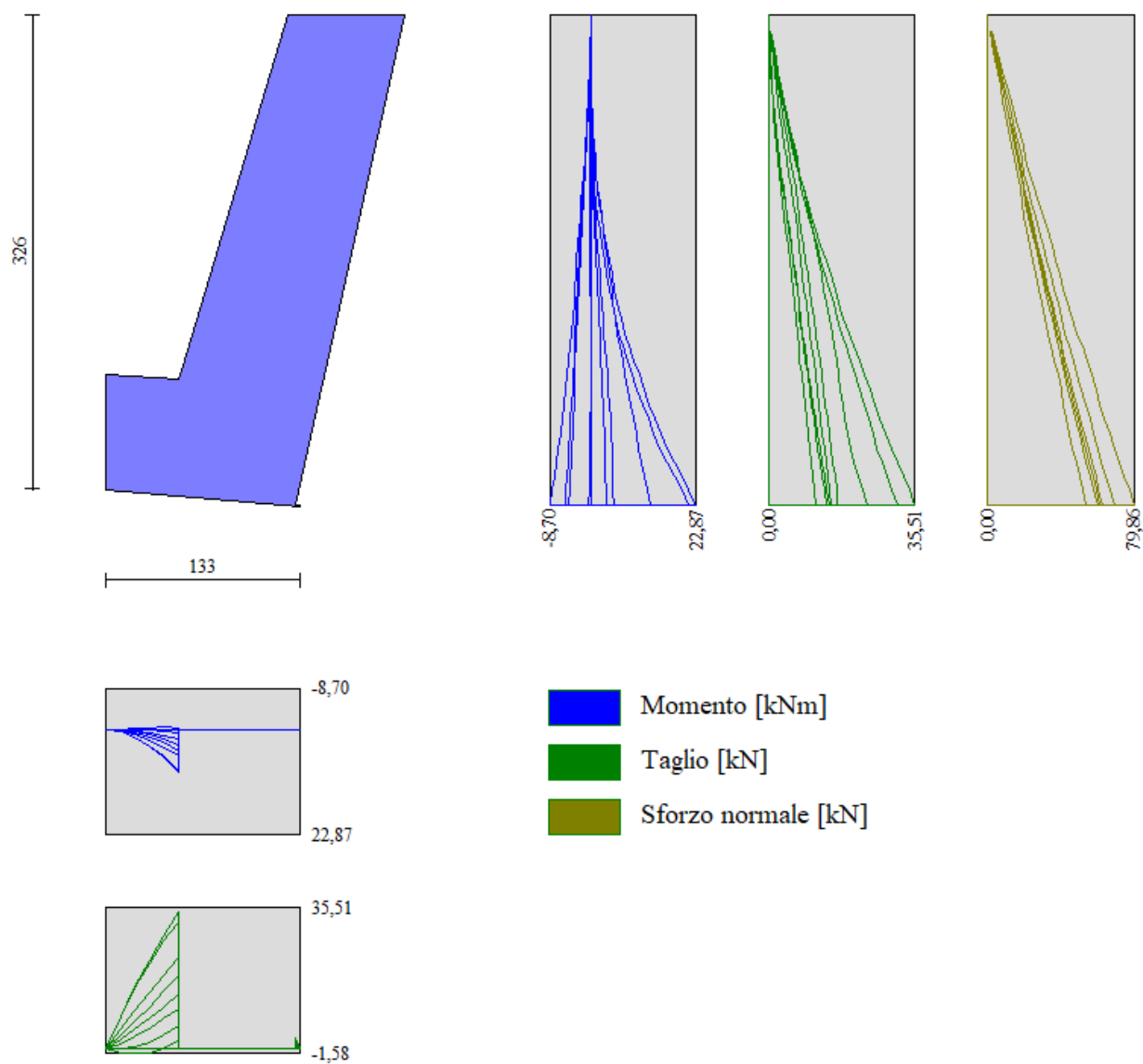


Figura 17 – Involuppo delle sollecitazioni agenti – Intervento A

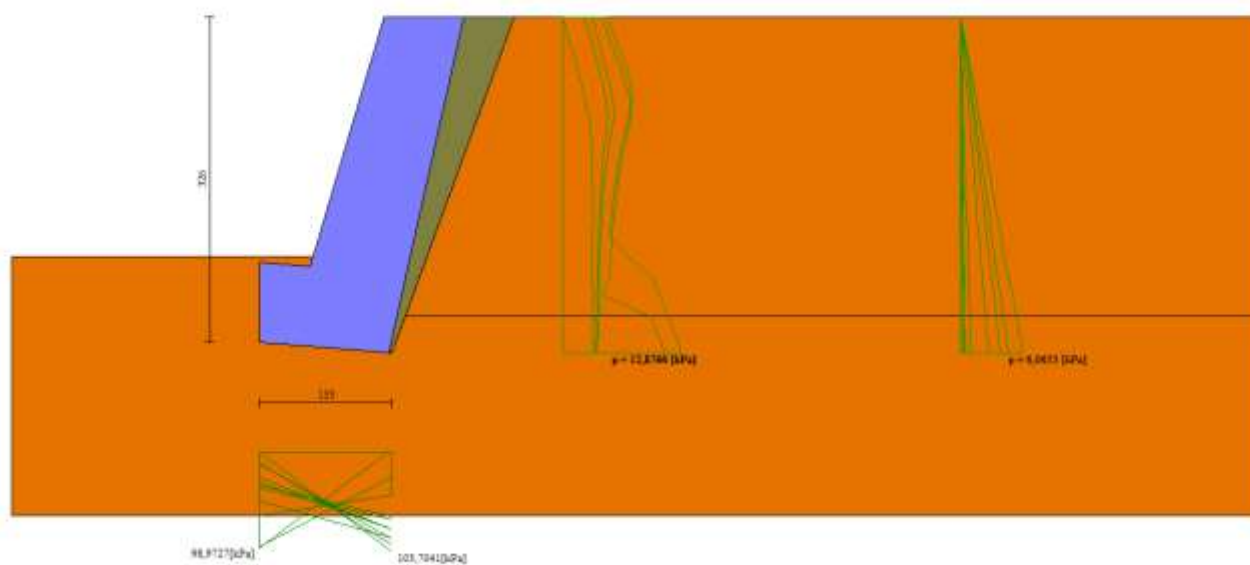


Figura 18 – Involuppo delle sollecitazioni agenti – Intervento A

11.4 Verifiche Geotecniche

11.4.1 Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	32,87	0,00	0,00	--	--	32,87	25,45	1.716

11.4.2 Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	63,80	325,03	270,86	5.095

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa



g_c, g_q, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico
 b_c, b_q, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa
 s_c, s_q, s_γ Fattori di forma della fondazione
 p_c, p_q, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
 Ir, Irc Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
 r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	N_c N_q N_γ	i_c i_q i_γ	d_c d_q d_γ	g_c g_q g_γ	b_c b_q b_γ	s_c s_q s_γ	p_c p_q p_γ	Ir	Irc	Re	r_γ
3	38.63 8 26.09 2 26.16 6	0.547 0.547 0.084	1.236 1.118 1.118	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.578	1.000

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [kN/m c]	ϕ [°]	c [kPa]
3	0,86	1,33	1,23	19,00	33.00	5

11.4.3 Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 M_s Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 M_r Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	80,76	59,52	1.357

11.4.4 Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-2,00; 3,00	6,51	1.683

11.5 Risultati delle verifiche

Nella tabella seguente si riportano i minimi coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche tenendo conto di tutte le combinazioni risultanti dal calcolo.

Tipo di verifica	Fattori di sicurezza minimi
Verifica al ribaltamento	1.36 (12)
Verifica allo scorrimento	1.72 (1)
Verifica al carico limite	5.09 (3)
Verifica alla stabilità globale	1.68 (9)

Tabella 16 - Risultati delle verifiche geotecniche

I valori minimi dei fattori di sicurezza risultano maggiori di quelli prescritti dalla normativa per i muri di sostegno (NTC 2018).



12.1 Modello di calcolo e risultati delle verifiche

Scogliera di sottoscarpa in massi esistenti

Torrente Chiamogna

STRADA DELLE ROCCHETTE

Scogliera di sottoscarpa in massi di cava posati a secco L=10 m

Figura 19 -Planimetria_progetto_Intervento C

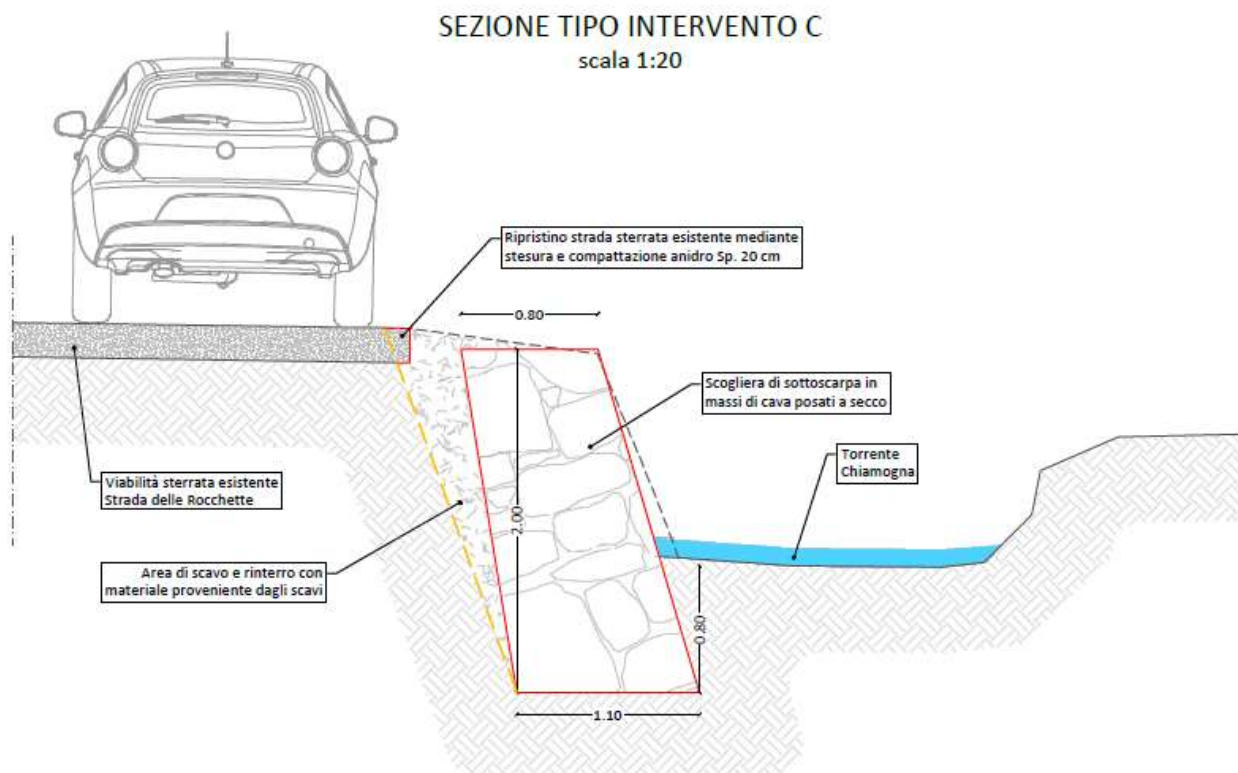


Figura 20 –Sezioni_ tipo – Intervento C

12.2 Geometria di modellazione

La scogliera in massi di cava posati a secco, avrà una sezione costante per tutta l'estensione, con altezza del paramento massima di 2.00 m, inclinazione interna di approssimativamente 12.50° ed esterna di 17.0° e spessore in testa di 0.80 m.

La fondazione inclinata 5° con rispetto alla orizzontale, spessore di 0.80 m, lunghezza della mensola di valle di 0.50 m per una lunghezza totale di circa 1.35 m.

Si riportano di seguito degli estratti dal software di calcolo, esemplificativi della geometria della sezione verificata e delle condizioni geologico-stratigrafiche e idrogeologiche in cui si inserisce. Alterata roccia

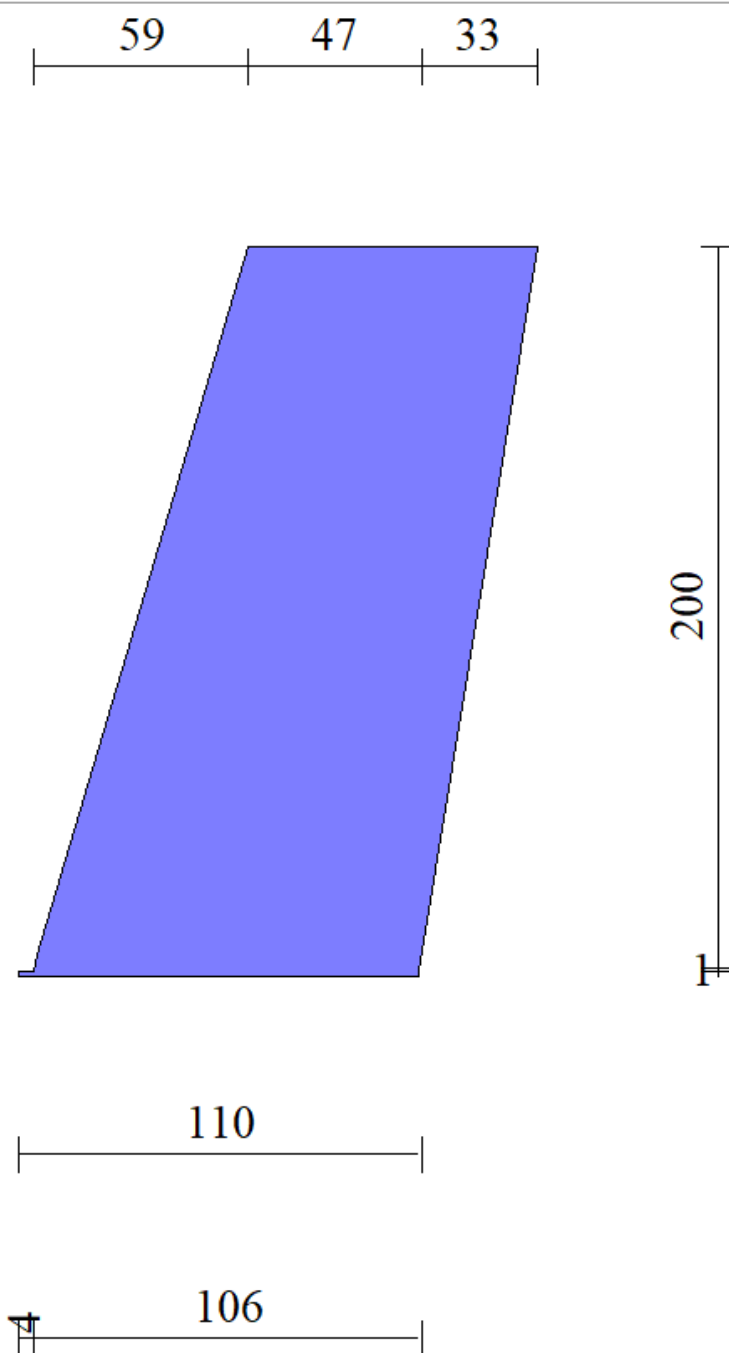


Figura 21 – Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Sezione di verifica – Intervento C

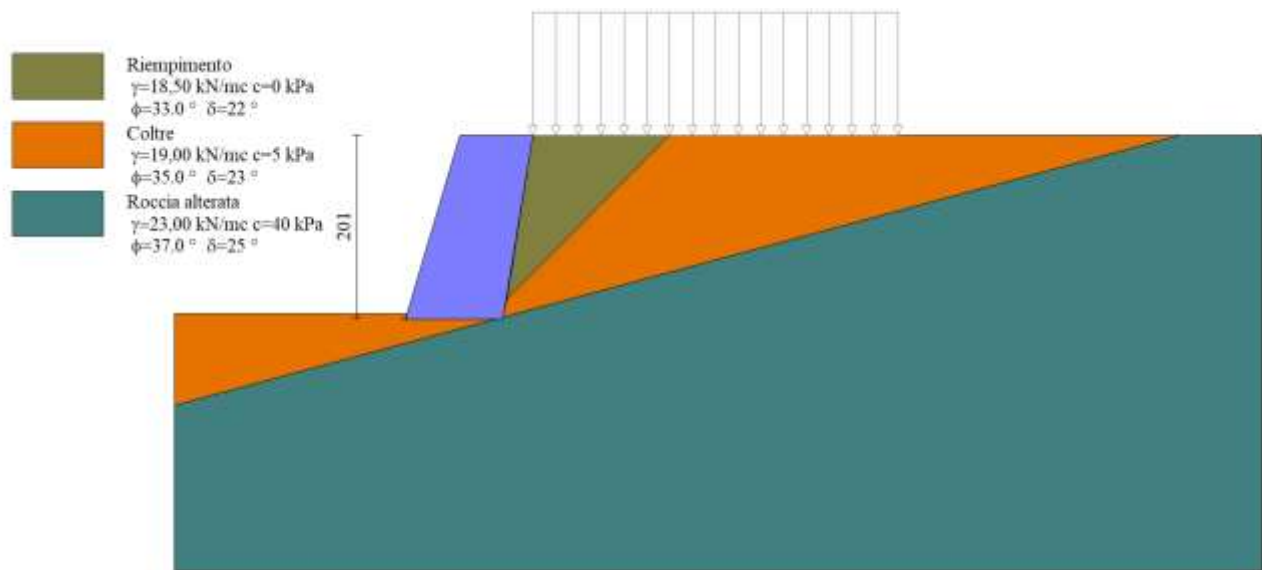


Figura 22 - Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Sezione di verifica – Intervento C

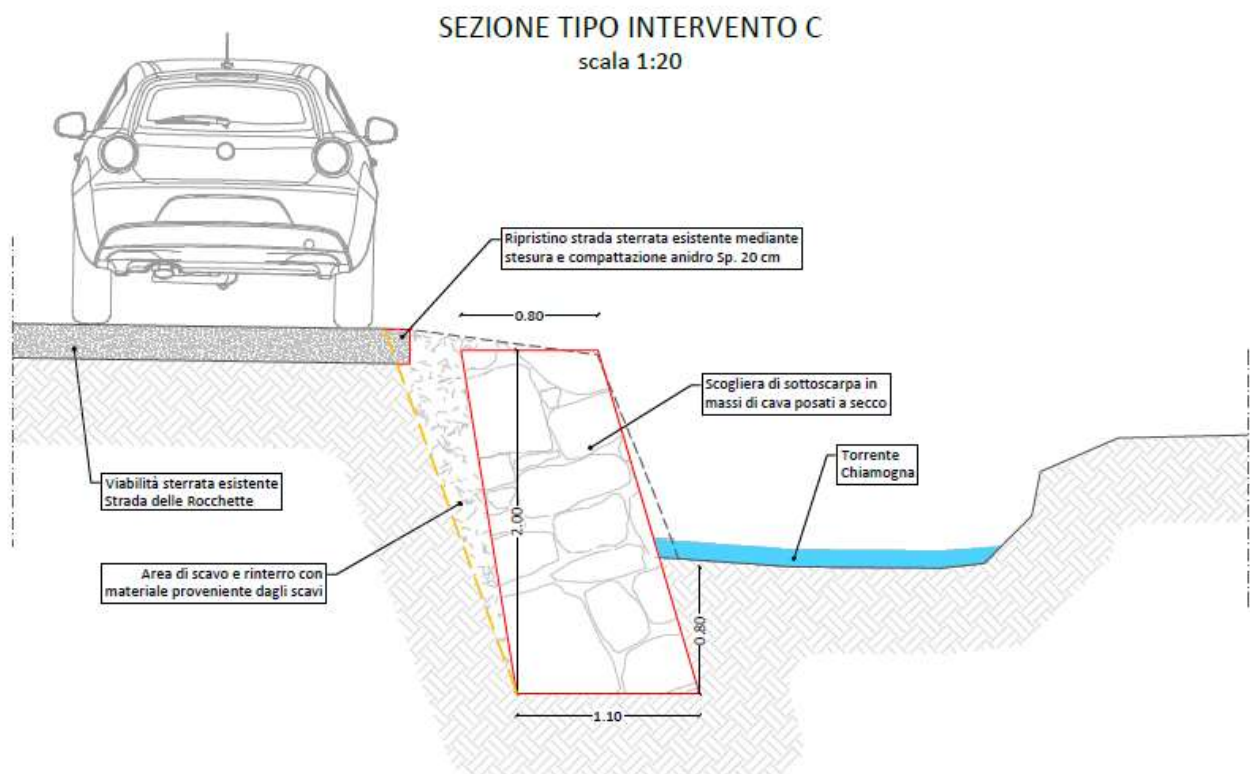


Figura 23 – Confronto con la sezione oggetto di verifica.



12.3 Sollecitazioni agenti

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno e sul terreno di sedime.

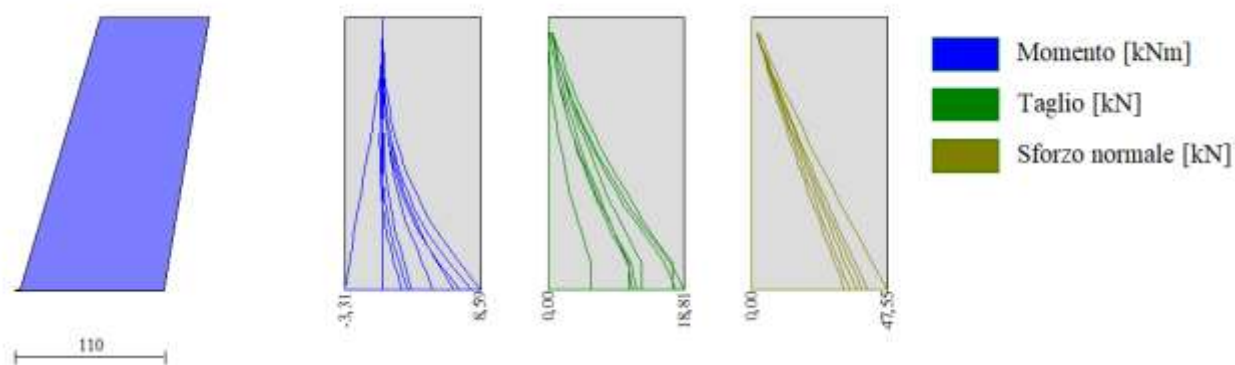


Figura 24 – Involuppo delle sollecitazioni agenti – Intervento C

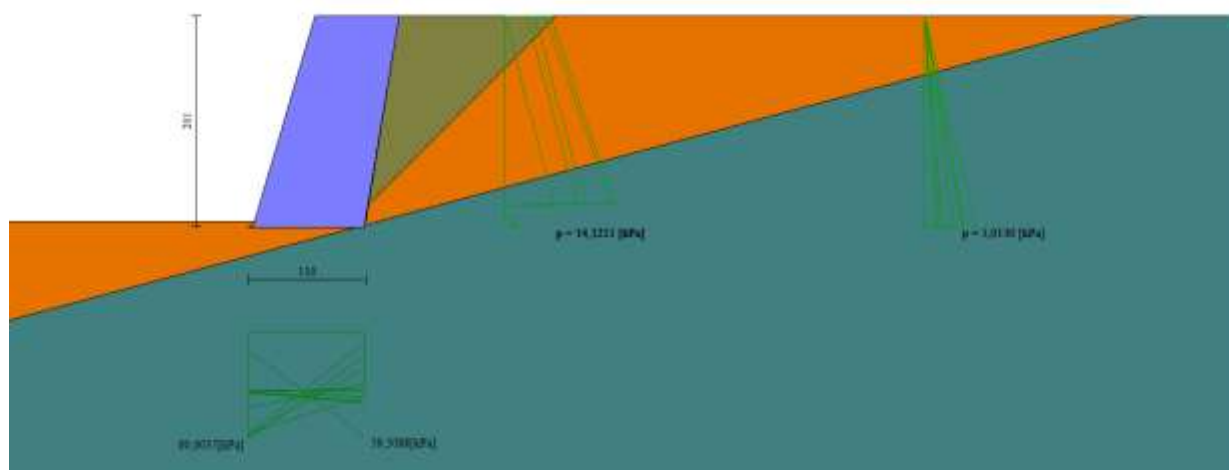


Figura 25 – Involuppo delle sollecitazioni agenti – Intervento C

12.4 Verifiche Geotecniche

12.4.1 Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	20,35	0,00	0,00	--	--	20,35	17,45	1.167

12.4.2 Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	34,97	727,79	606,49	20.810

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa



g_c, g_q, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico
 b_c, b_q, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa
 s_c, s_q, s_γ Fattori di forma della fondazione
 p_c, p_q, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
 l_r, l_{rc} Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
 r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	N_c N_q N_γ	i_c i_q i_γ	d_c d_q d_γ	g_c g_q g_γ	b_c b_q b_γ	s_c s_q s_γ	p_c p_q p_γ	l_r	l_{rc}	Re	r_γ
3	54.422 41.671 51.095	0.490 0.490 0.070	1.022 1.011 1.011	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.628	1.000

n°	D	B'	H	γ	ϕ	c
	[m]	[m]	[m]	[kN/m c]	[°]	[kPa]
3	0,06	1,10	1,10	22,54	36.77	36

12.4.3 Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	32,68	22,50	1.452

12.4.4 Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione

C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 0,50	2,61	1.934



12.5 Risultati delle verifiche

Nella tabella seguente si riportano i minimi coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche tenendo conto di tutte le combinazioni risultanti dal calcolo.

Tipo di verifica	Fattori di sicurezza minimi
Verifica al ribaltamento	1.45 (12)
Verifica allo scorrimento	1.17(1)
Verifica al carico limite	20.81 (3)
Verifica alla stabilità globale	1.93 (7)

Tabella 17 - Risultati delle verifiche geotecniche

I valori minimi dei fattori di sicurezza risultano maggiori di quelli prescritti dalla normativa per i muri di sostegno (NTC 2018).

13 CONCLUSIONI

Nel presente elaborato è stato fornito un rapido inquadramento topografico, e vincolistico dell'area interessata dalle opere relative al progetto denominato *"REALIZZAZIONE DI SCOGLIERE IN STRADA CESANI GRANERO ED IN STRADA DELLE ROCCHETTE E DI CUNETTA STRADALE IN STRADA CESANI SARDEGNA"* - PMO Scheda 24.01 10.14"

Vengono inoltre riportati i risultati delle verifiche geotecniche di stabilità delle scogliere in progetto.

In base a quanto esposto in questa relazione si può concludere allo stato attuale che:

La scogliera in progetto ricade in diverse classi della carta di sintesi allegata al PRGC del comune di Bricherasio, nello specifico:

- Gli interventi A e B ricadono in Classe III: aree di amplificazione sismica: zone fortemente penalizzate ai fini urbanistici, in quanto soggette a potenziali fenomeni di amplificazione delle sollecitazioni sismiche per la presenza di particolari condizioni geologiche e geomorfologiche.
- L'intervento C ricade in Classe III: aree gravate da fenomeni idrologici e geomorfologici negativi, aree esondati dal fiume Pellice e dai suoi affluenti in caso di eventi alluvionali eccezionali, fasce a maggiore acclività adiacenti i corsi d'acqua minori potenzialmente predisposte a fenomeni di dissesto nel caso di eventi pluviometrici eccezionali. Carta di sintesi allegata al PRGC del comune di Bricherasio.

Trattandosi di opere di interesse pubblico, il cui obiettivo è la manutenzione, il ripristino ed il completamento di opere di sostegno, la loro realizzazione è consentita ai sensi della normativa

L'intervento in progetto è tra le opere ammesse in queste classi, essendo un'opera di sistemazione idrogeologica e di difesa del suolo.

I settori indagati **non ricadono** tra le aree perimetrate dalla Direttiva Alluvioni.

Si prescrive per il rinterro a tergo della scogliera, di utilizzare il materiale proveniente dagli scavi, opportunamente vagliato con benna vagliante al fine di eliminare la frazione fine, sabbioso limosa.

Per quanto concerne le verifiche geotecniche, effettuate sulla scogliera, tutte le verifiche hanno dato esito positivo, confermando che la corretta esecuzione dell'opera garantirà la stabilità delle stesse.

Le verifiche hanno fatto riferimento all'attuale normativa vigente, il DM 17/01/2018.

Dai risultati ottenuti risulta che tutte le verifiche effettuate risultano **soddisfatte**.