

COMMITTENTE:



COMUNE DI VAL DI CHY

OGGETTO:

MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO A RISCHIO IDROGEOLOGICO INTERESSATO DAGLI EVENTI ALLUVIONALI DEL MESE DI NOVEMBRE 2019

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

COMUNE DI VAL DI CHY

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO ESECUTIVO

8	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
2	Settembre 2021	Progetto esecutivo	I.B.	P.C.	G.N.
1	Agosto 2021	Progetto definitivo	I.B.	P.C.	G.N.
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO

TITOLO:

RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E DI CALCOLO

ARCHIVIO:

5208

FILE N°:

TESTALINI

DATA:

Loranzè, Settembre
2021

HYDROGEOS
STUDIO TECNICO ASSOCIATO

TAVOLA N°

B

SCALA:

--

Studio Tecnico Associato

ing. GABRIELE
ing. NOASCONO
ing. ODETTO
geol. CAMBULI
ing. VIGNONO
ing. ZAPPALÀ
P.IVA 08462870018

Sede legale

Via Giosuè Gianavello, n. 2
10060 Rorà (TO)
TEL. 0121/93.36.93
FAX 0121/95.03.78

Sede operativa

Strada Provinciale 222, n. 31
10010 Loranzè (TO)
TEL. 0125/19.70.499
FAX 0125/56.40.14
e-mail: info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Gianluca NOASCONO
N° 8292 Y ALBO INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

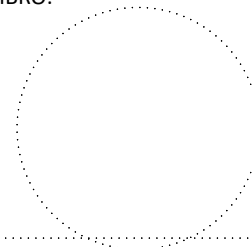
PROGETTISTA:
Dott. Geol. Paolo CAMBULI
N° 850 ORDINE GEOLOGI
REGIONE PIEMONTE

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

TIMBRO:





Indice

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	INTERVENTI IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMORFOLOGIA, INTERFERENZE COL TERRITORIO.....	5
3.1	Inquadramento topografico.....	7
3.2	Vincoli geomorfologici.....	17
3.3	SIFRAP – ARCHIVI ARPA.....	17
3.4	PAI	18
3.5	Piano regolatore Intercomunale PRGI.....	20
3.5.1	Intervento A.....	20
3.5.2	Intervento B.....	23
3.5.3	Intervento C.....	26
3.5.4	Intervento D.....	30
3.5.5	Intervento E.....	32
3.6	Vincolo idrogeologico	34
4	LE OPERE IN PROGETTO	36
4.1	Intervento A	36
4.2	Intervento B.....	42
4.3	Intervento C e D	46
4.4	Intervento E	47
5	METODO E CODICE DI CALCOLO.....	48
6	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOTECHNICHE.	52
6.1	Caratteristiche Geologiche	52
6.2	Geomorfologia	57
6.3	Caratteristiche Geotecniche.	62
7	DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO.....	63
7.1	Analisi delle condizioni di stabilità dei pendii	67
7.2	Analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno	69



8	CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI	71
8.1	Massi di cava posati a secco.....	71
8.2	Calcestruzzo armato	71
9	COMBINAZIONI DI CARICO E ANALISI DI STABILITÀ	80
10	INTERVENTO A.....	82
10.1	Azioni.....	82
10.1.1	Carichi permanenti strutturali.....	82
10.1.2	Carichi permanenti non strutturali.....	82
10.1.3	Carichi variabili.....	82
10.2	Descrizione combinazioni di carico della scogliera	82
10.3	Modello di calcolo e risultati delle verifiche	87
10.3.1	Geometria di modellazione	87
10.3.2	Sollecitazioni agenti	90
10.3.3	Risultati delle verifiche geotecniche	91
10.3.4	Verifiche Strutturali.....	91
11	INTERVENTO B.....	104
11.1	Azioni.....	104
11.1.1	Carichi permanenti strutturali.....	104
11.1.2	Carichi permanenti non strutturali.....	104
11.1.3	Carichi variabili.....	104
11.2	Descrizione combinazioni di carico	104
11.3	Modello di calcolo e risultati delle verifiche	109
11.3.1	Geometria di modellazione	110
11.3.2	Sollecitazioni agenti	112
11.3.3	Risultati delle verifiche.....	112
12	CONCLUSIONI	114

1 PREMESSA

Con determinazione n. 5 del 03/03/2021 del Responsabile del Servizio Tecnico gestito in forma associata tramite l'Unione di Comuni Montani Valchiusella, ha incaricato il sottoscritto Dott. Ing. Gianluca Noascono, dello studio HYDROGEOS con sede legale in via Giosuè Gianavello n. 2 – 10060 Rorà (TO), della redazione del progetto definitivo ed esecutivo per la realizzazione dei lavori di “MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO A RISCHIO IDROGEOLOGICO INTERESSATO DAGLI EVENTI ALLUVIONALI DEL MESE DI NOVEMBRE 2019” DA ESEGUIRE NEL COMUNE DI VAL DI CHY - Codice CUP: G17C20000020001– Cod. CIG: 8647856487”.

Il presente progetto, che costituisce il grado esecutivo ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. n. 50 del 18/04/2016, fa seguito al progetto definitivo, approvato con Del. G.C. n. 45 del 25/08/2021, ed è redatto in conformità al progetto definitivo, e determina in ogni dettaglio i lavori da realizzare, il relativo costo previsto, ed è sviluppato ad un livello di definizione tale che ogni elemento è stato identificato in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo.

Le opere in progetto a verificare geotecnicamente comprendono la ricostruzione di un muro nella sede della ex società operaia di Alice Superiore per la messa in sicurezza della zona urbana, e un tratto di scogliera per la messa in sicurezza della strada provinciale N°65, nel comune di Val di Chy, settore Alice Superiore e Lugnacco rispettivamente.

A seguito di un rapido inquadramento topografico, geologico 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 della scogliera in massi di cava posati a secco e le verifiche geotecniche e strutturali per il muro in c.a.

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 INTERVENTI IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMORFOLOGIA, INTERFERENZE COL TERRITORIO

Gli interventi in progetto sono localizzati nel comune di Val di chi (TO), nelle ex municipalità di Lugnacco (TO) e Alice Superiore (TO).

- Intervento A: Analizzando la situazione e valutando le diverse ipotesi di intervento, si è optato per una soluzione radicale, ovvero la demolizione completa del muro esistente e la sua ricostruzione rispettando i canoni estetici e costruttivi storici.



Figura 1 - Inquadramento fotografico dello stato attuale dell'area d'intervento— Intervento A

- Intervento B: Scogliera di sottoscarpa in massi posati a secco, per la messa in sicurezza della strada provinciale N°65 nel municipio di Lugnacco (TO).



Figura 2 - Inquadrimento fotografico dello stato attuale del area d'intervento– Intervento B

Interventi C e D: Gli interventi C e D sono interventi di manutenzione stradale, funzionali al rafforzamento della sede stradale in corrispondenza del ciglio stradale di valle e della messa in opera della barriera stradale H2 bordo ponte in legno e acciaio.



Figura 3 - Inquadrimento fotografico dello stato attuale del area d'intervento– Intervento C

3.1 Inquadramento topografico

Il presente progetto interessa gli interventi di messa in sicurezza del territorio a rischio idrogeologico interessato dagli eventi alluvionali del mese de Novembre 2019, nelle municipi di Alice Superiori e Lugnacco del comune di Val di Chy (TO, ed hanno il seguente riscontro su Carta Tecnica Regionale CTR: 114100-114140.

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

- Intervento A

Geografiche	
Latitudine	45.460743 N
Longitudine	7.7763374 E

Chilometriche	
Nord	5034863.44 m N
Est	404332.85 m E

L'altezza è di circa 615 m.

- Intervento B:

Geografiche	
Latitudine	45.453858 N
Longitudine	7.8031855 E

Chilometriche	
Nord	5034066.93 m N
Est	406420.47 m E

L'altezza è di circa 440 m.

- Intervento C:

Geografiche	
Latitudine	45.449508 N
Longitudine	7.793780 E

Chilometriche	
Nord	5033594.60 m N
Est	405677.86 m E

L'altezza è di circa 560 m.

- Intervento D:



Geografiche	
Latitudine	45.445035 N
Longitudine	7.790406 E

Chilometriche	
Nord	5033401.64 m N
Est	405406.50 m E

L'altezza è di circa 630 m.

- Intervento E:

Geografiche	
Latitudine	45.461994N
Longitudine	7.792608 E

Chilometriche	
Nord	5034983.73 m N
Est	405607.05 m E

L'altezza è di circa 580 m.

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

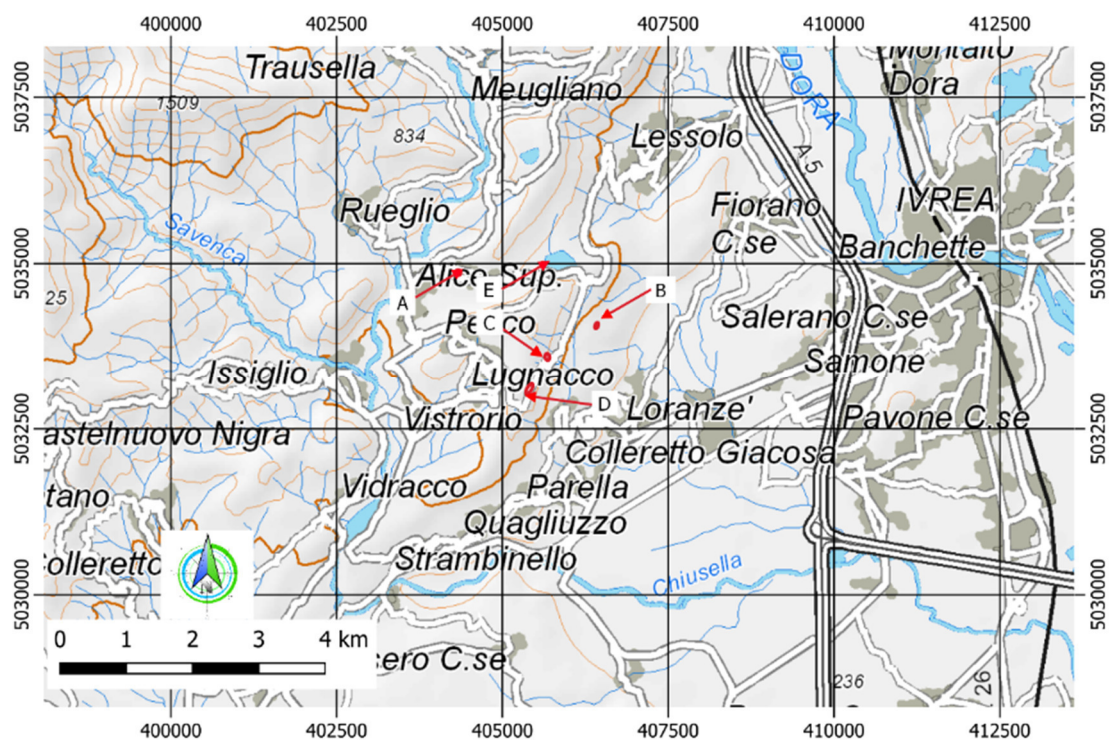


Figura 4 Inquadramento geografico dell'area di intervento su sfumo in scala 1:250'000

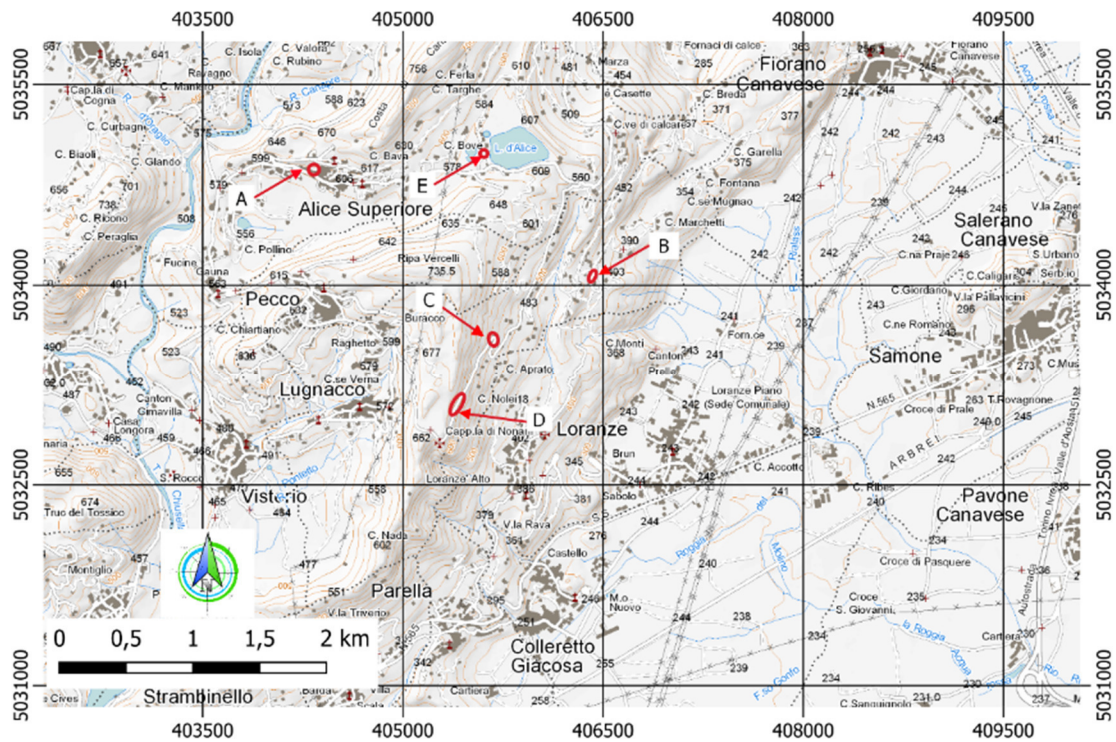


Figura 5 Inquadramento geografico dell'area d'intervento su sfumo in scala 1:50'000

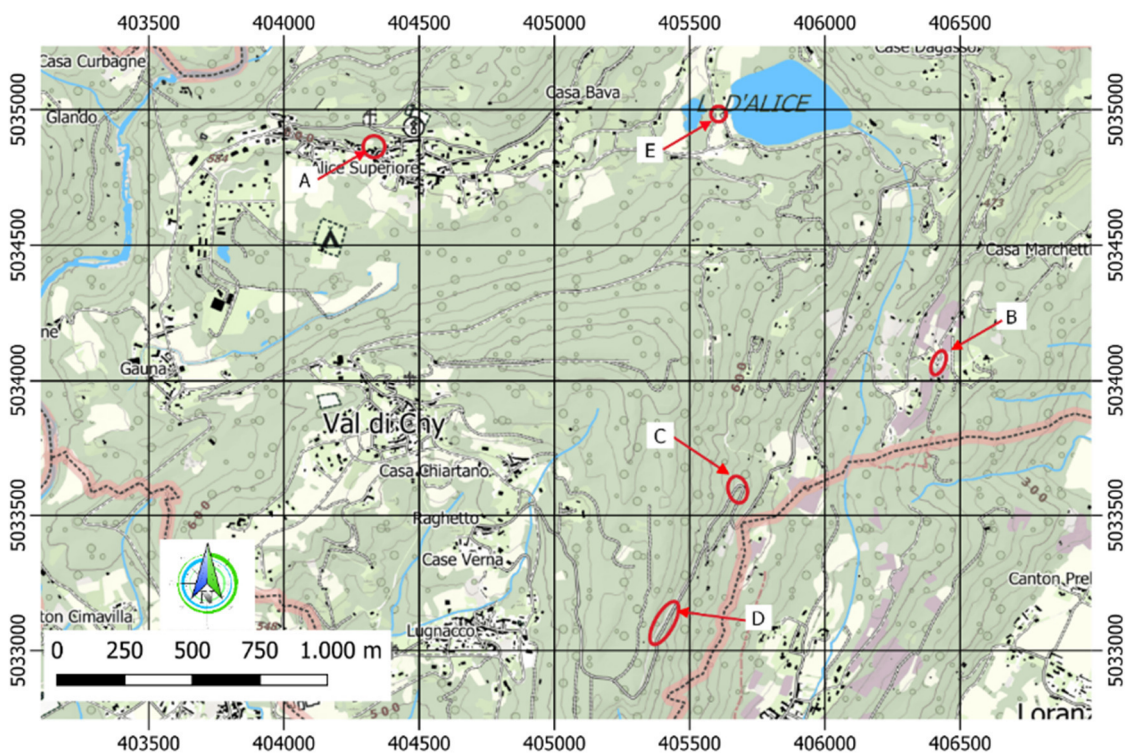


Figura 6 Inquadramento dell'area d'intervento su bdt 1:25000

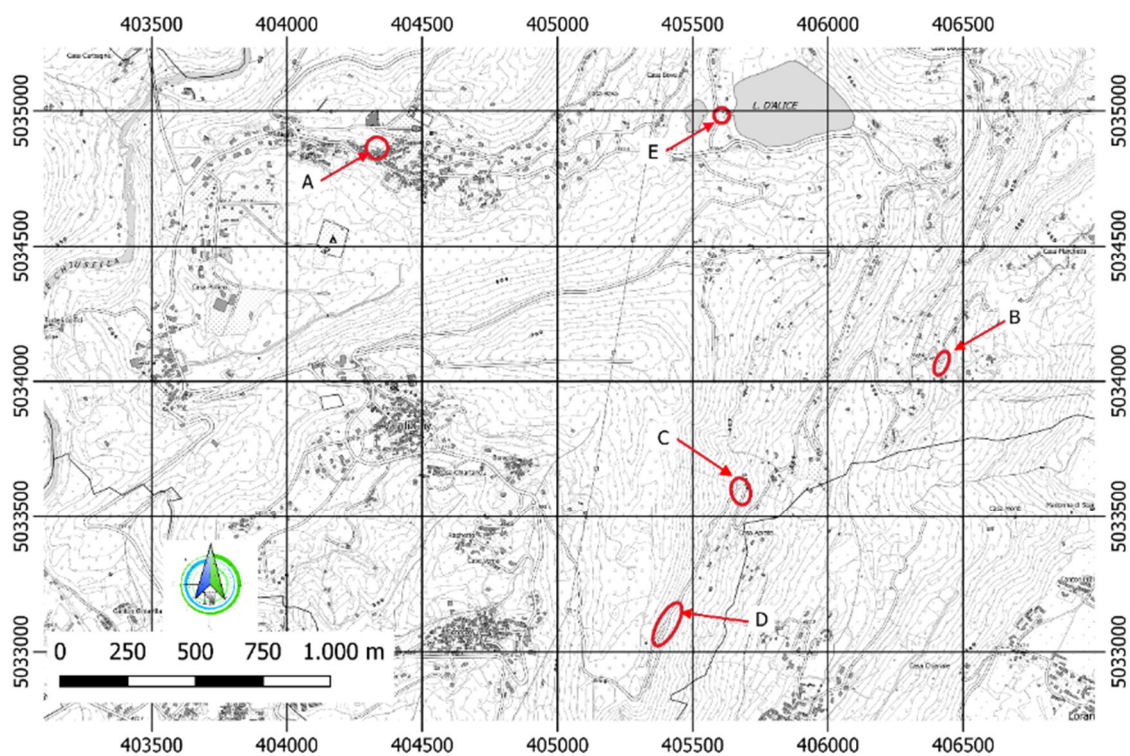
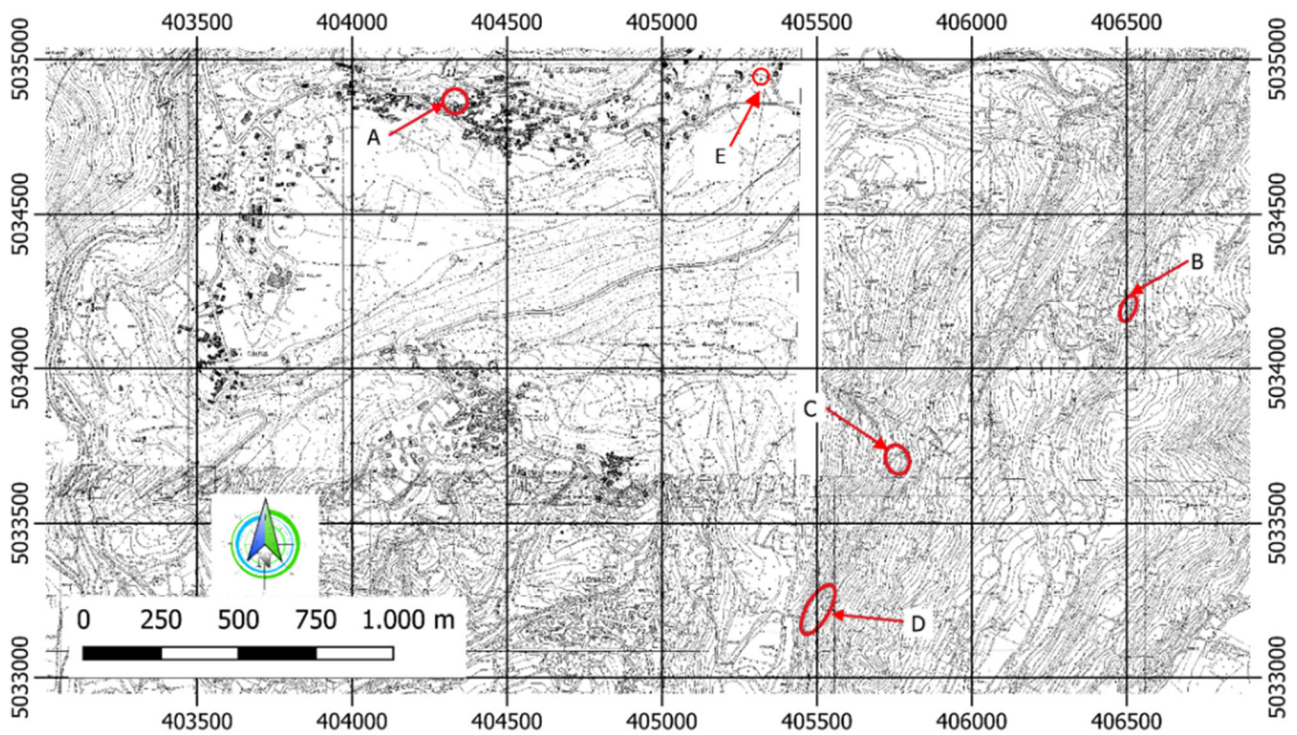
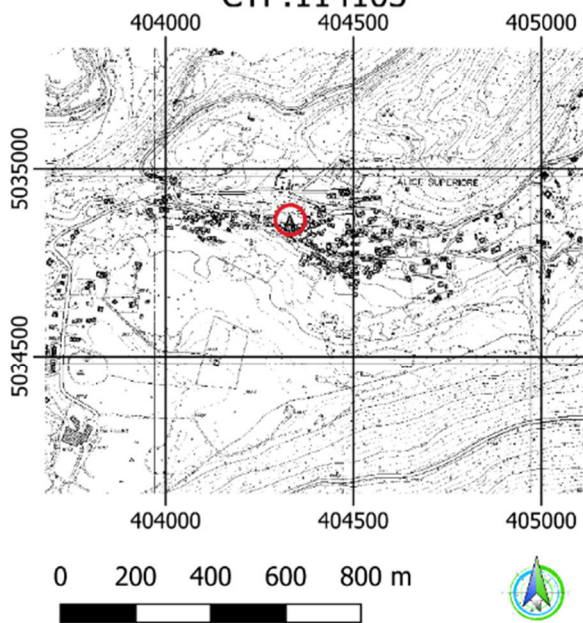


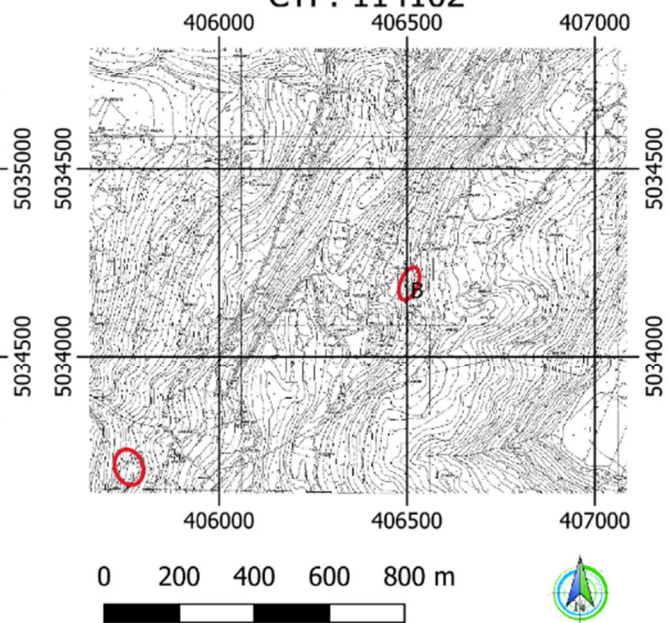
Figura 7 Inquadrimento dell'area d'intervento su bdre 1:10000



Intervento A
CTP:114103



Intervento B
CTP: 114102



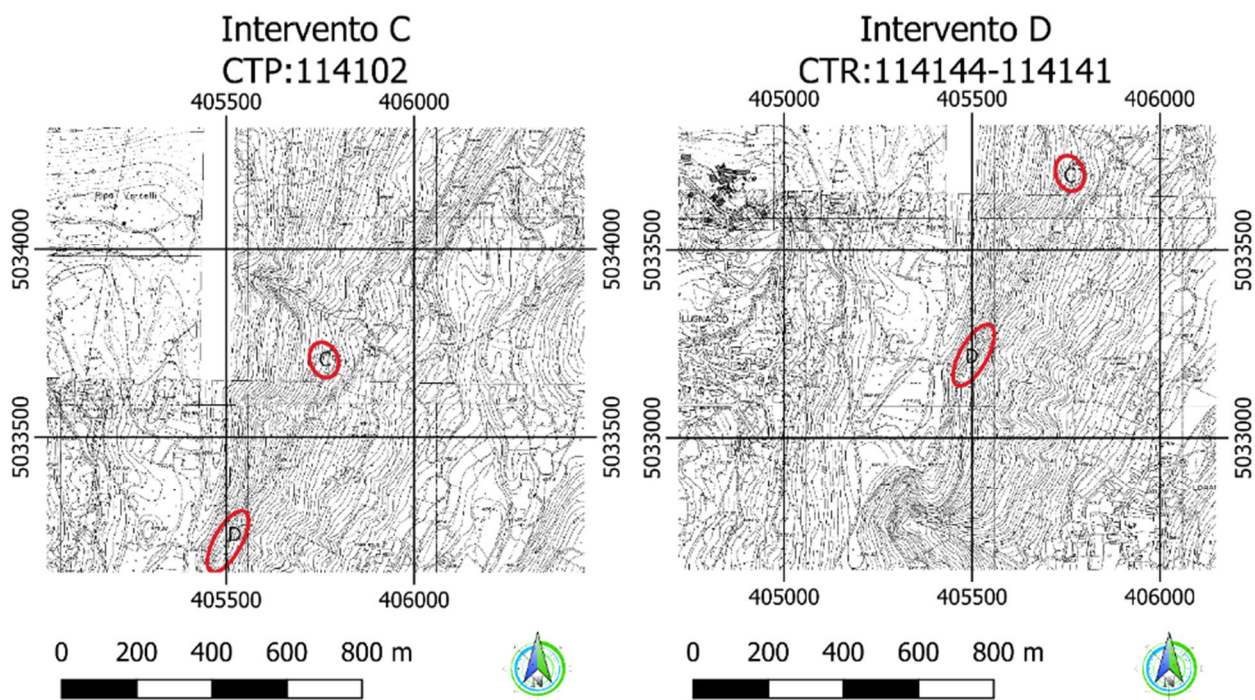
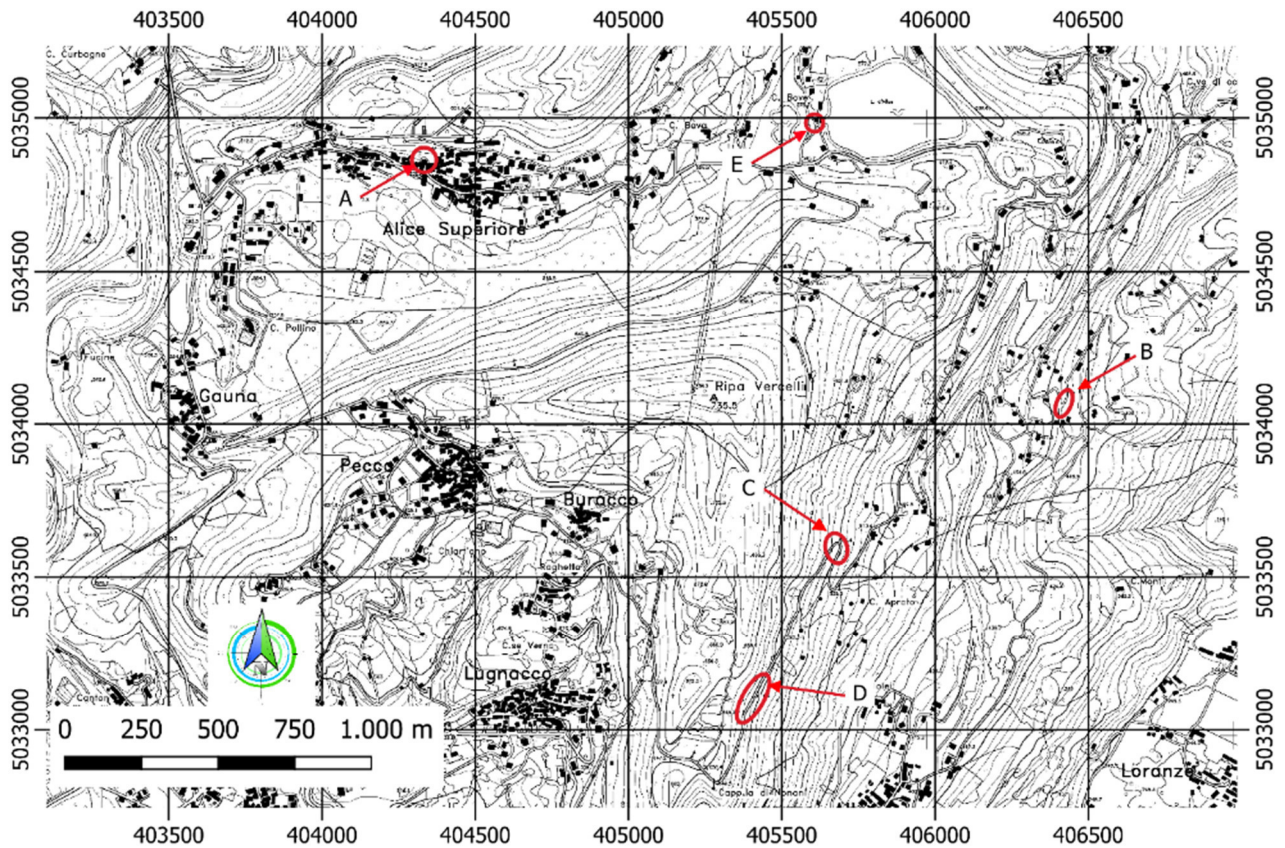
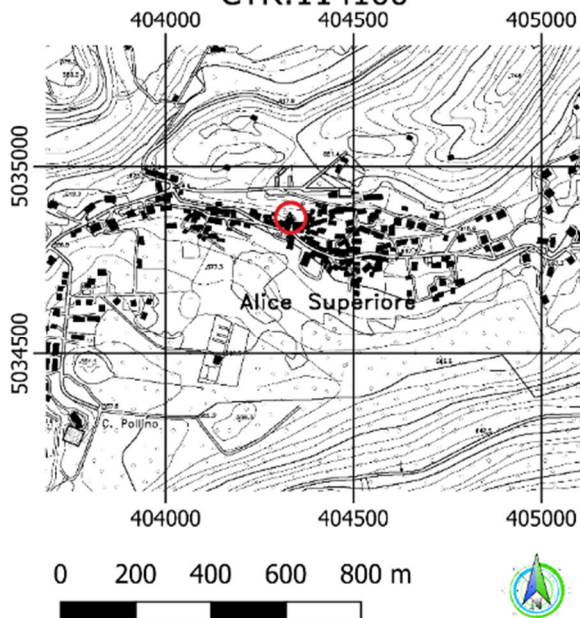


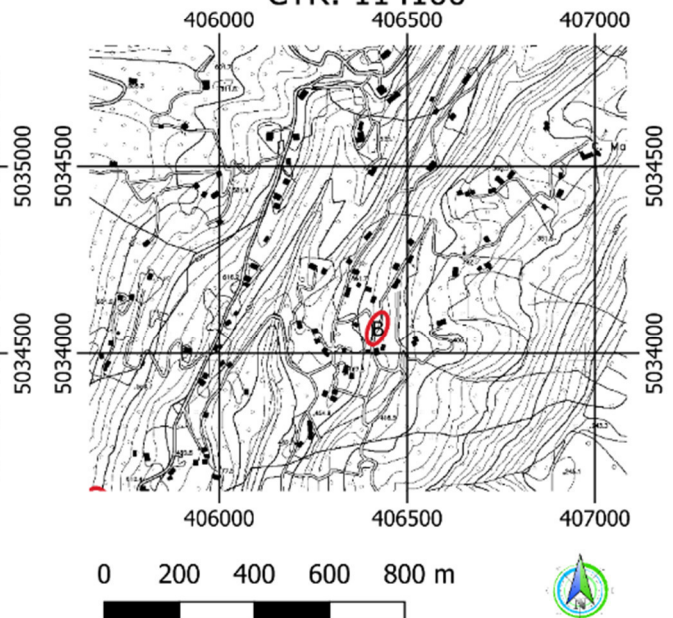
Figura 8 Inquadramento dell'area d'intervento su CTP-114103-114102-114144-114141



Intervento A
CTR:114100



Intervento B
CTR: 114100



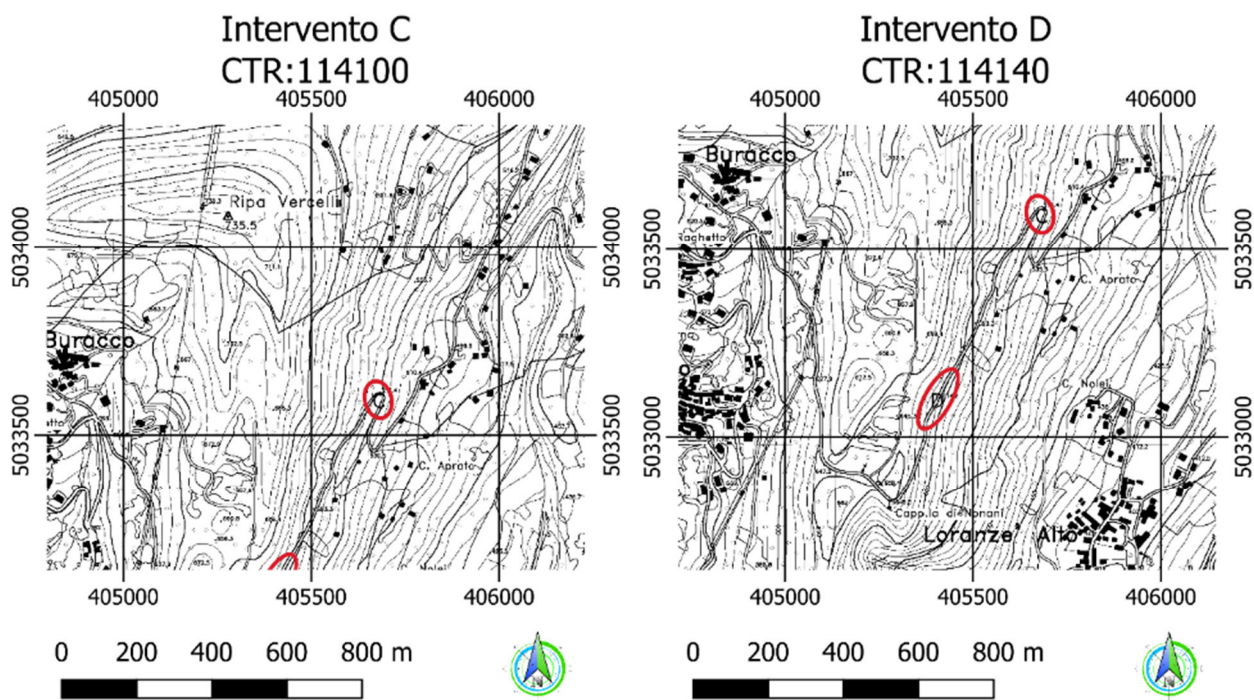
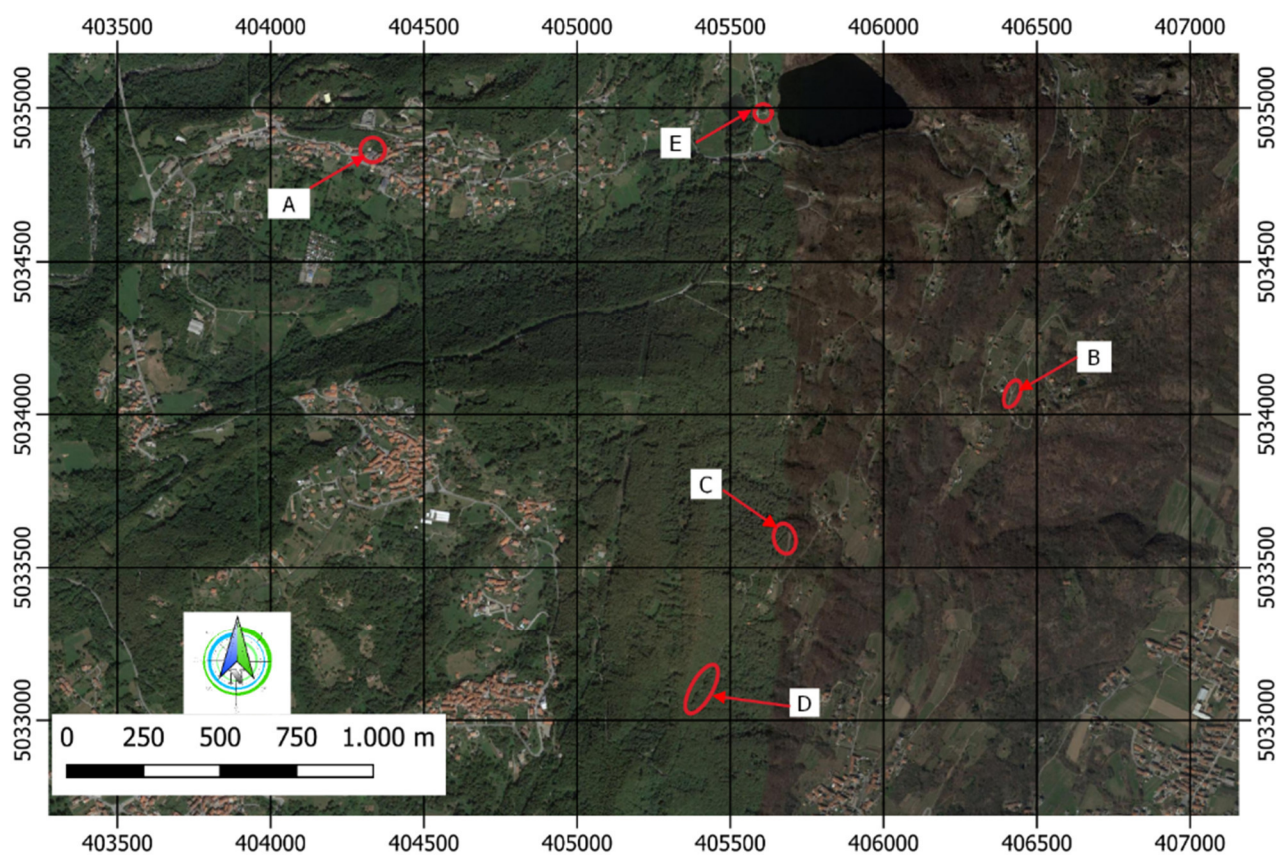
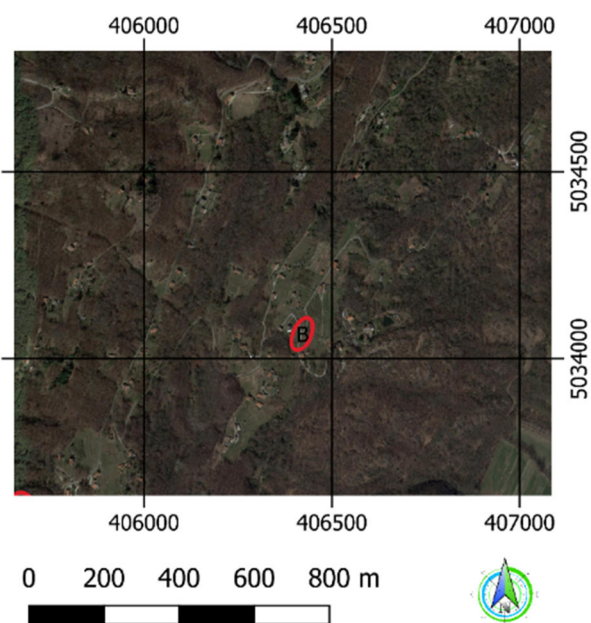
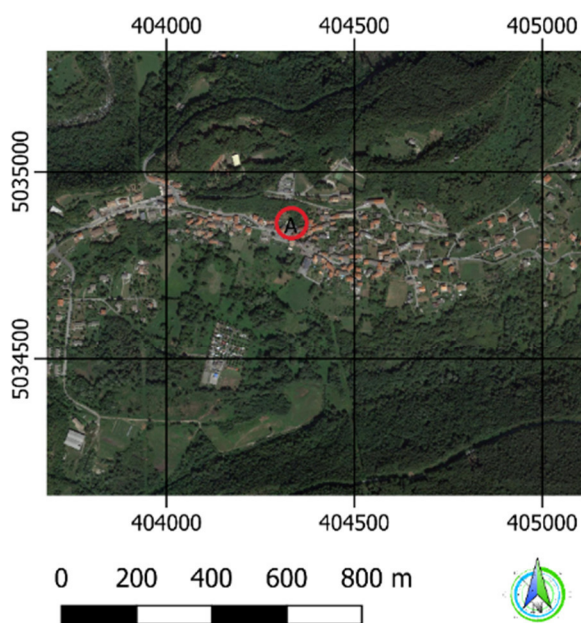


Figura 9 Inquadramento dell'area d'intervento su CTR-114100-114140



Intervento A

Intervento B



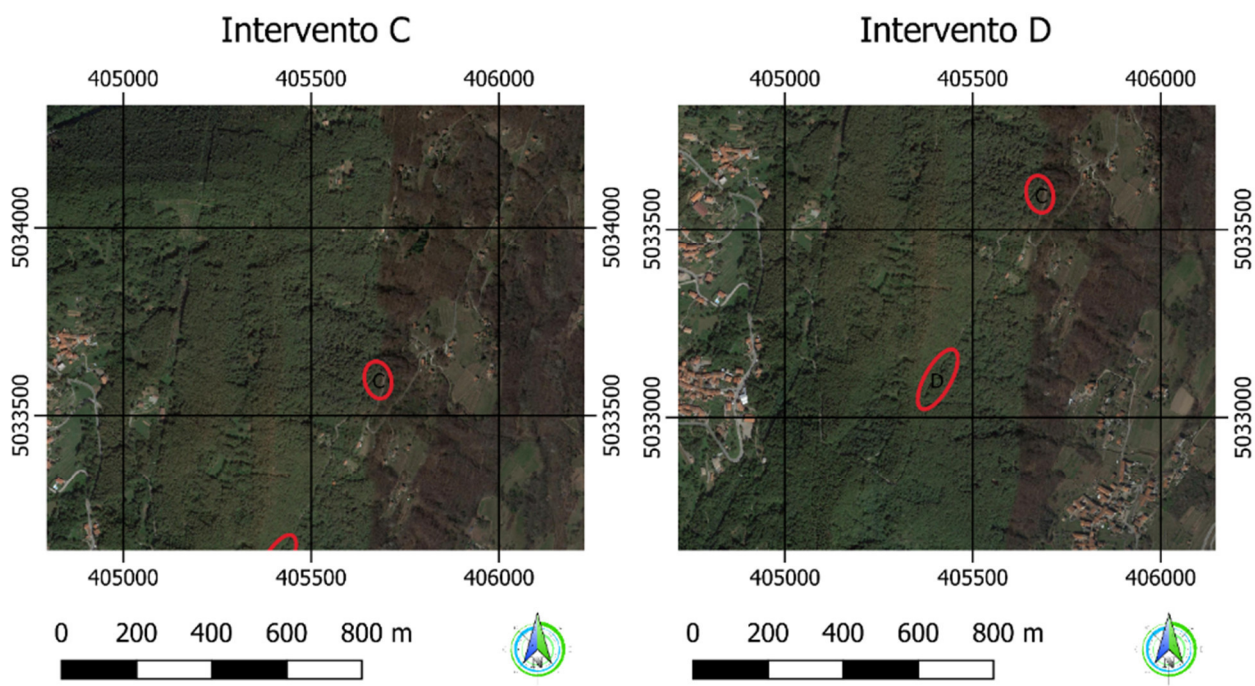


Figura 10 Ubicazione intervento su ortofoto – Google Satellite

3.2 Vincoli geomorfologici

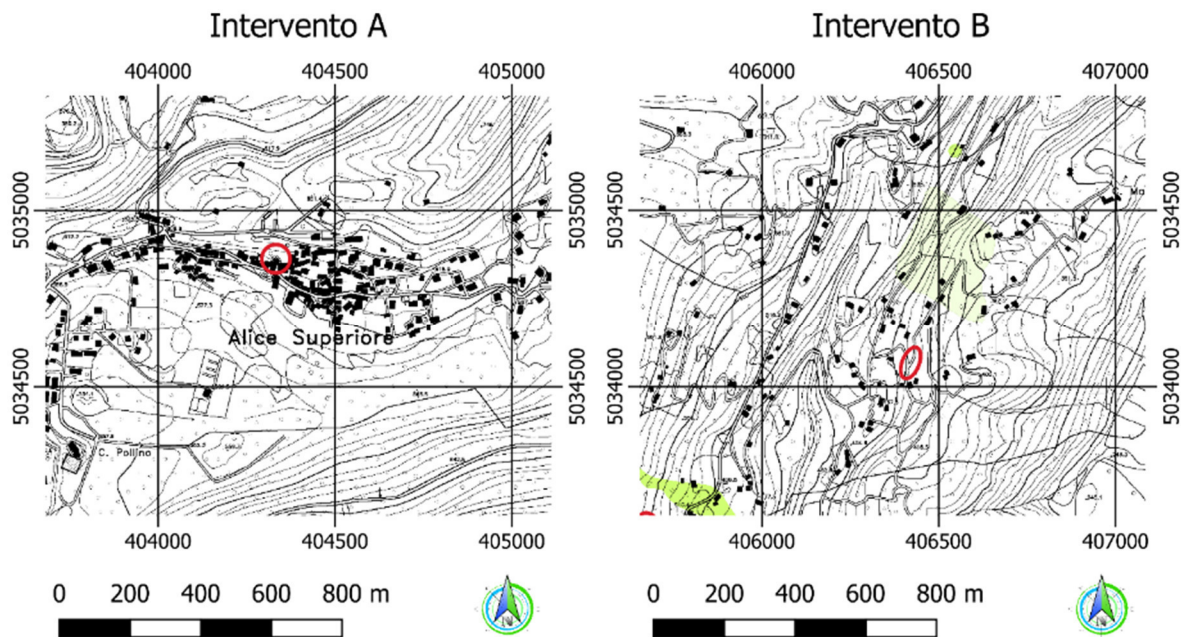
Consultando il piano regolatore comunale, il database del Geoportale dell'Arpa Piemonte e della regione Piemonte è stato possibile reperire la cartografia relativa ai processi geomorfologici che hanno interessato l'area oggetto di studio.

Non sono presenti i vincoli relativi alla direttiva alluvioni e fasce fluviali.

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

3.3 SIFRAP – ARCHIVI ARPA

Dalla consultazione degli archivi SIFRAP e degli archivi Frane ARPA¹, in un intorno significativo **sono presenti** segnalazioni di fenomeni franosi del tipo frana areali, di colamento rapido per gli interventi C e D, del tipo frane superficiali diffuse per il intervento B..



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.

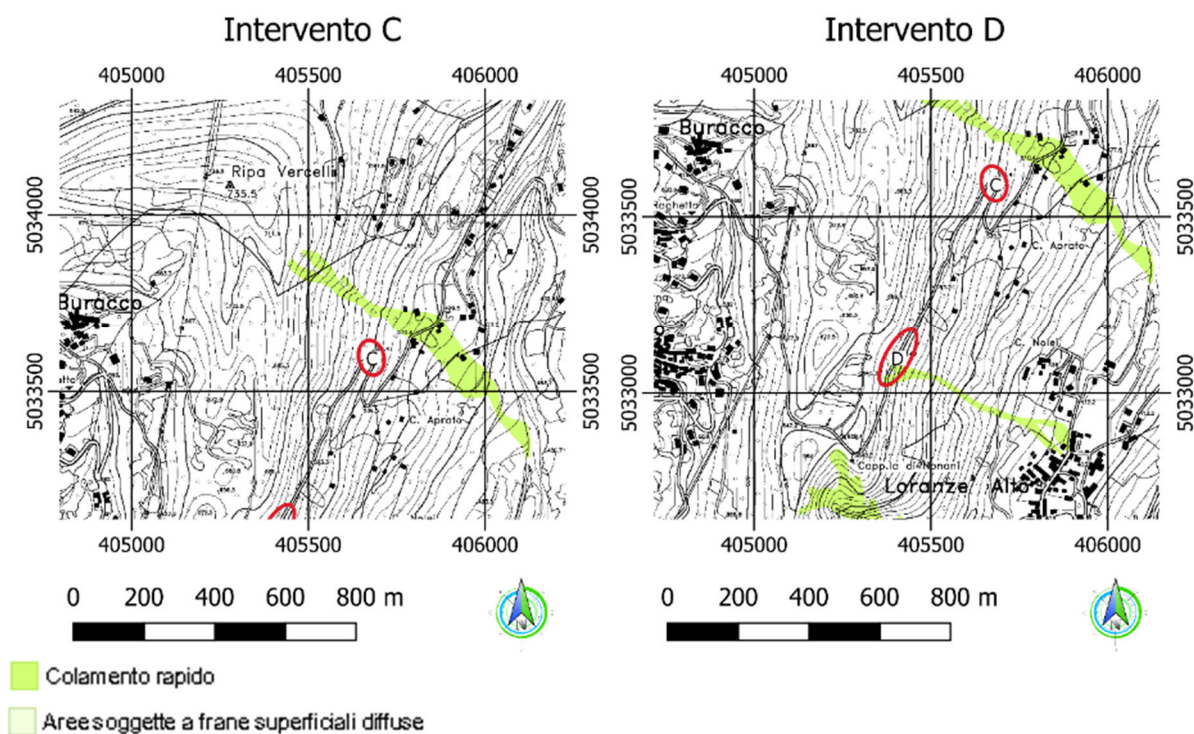
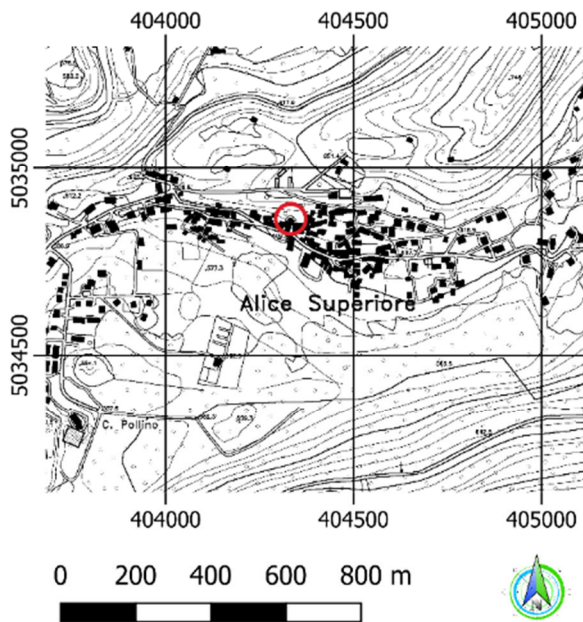


Figura 11: Estratto archivio SIFRAP

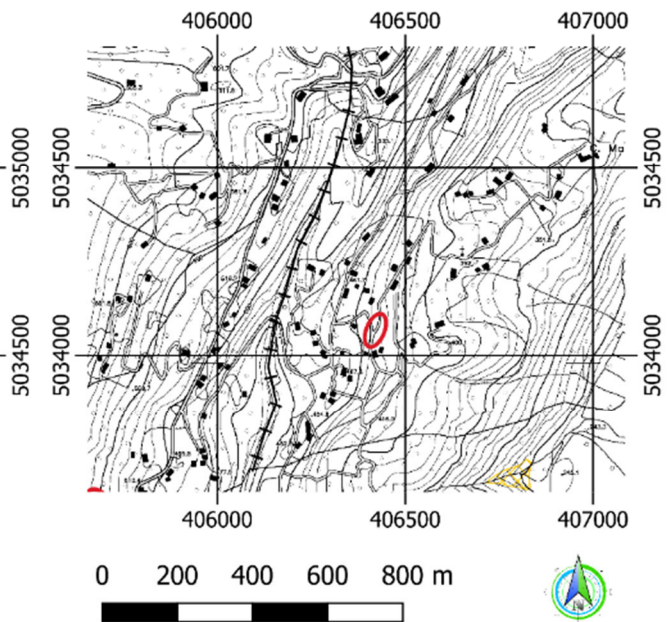
3.4 PAI

Dalla database del Geoportale dell'Arpa Piemonte e della regione Piemonte è stato possibile evidenziare la presenza di due dissesti lineari del tipo Esondazione a pericolosità molto elevata (Ee) localizzato a sinistra del intervento B, e Esondazione a pericolosità elevata (Eb) tra gli interventi C e D. Tuttavia non sono identificati dissesti vicini agli interventi, dalla consultazione nel Geoportale.

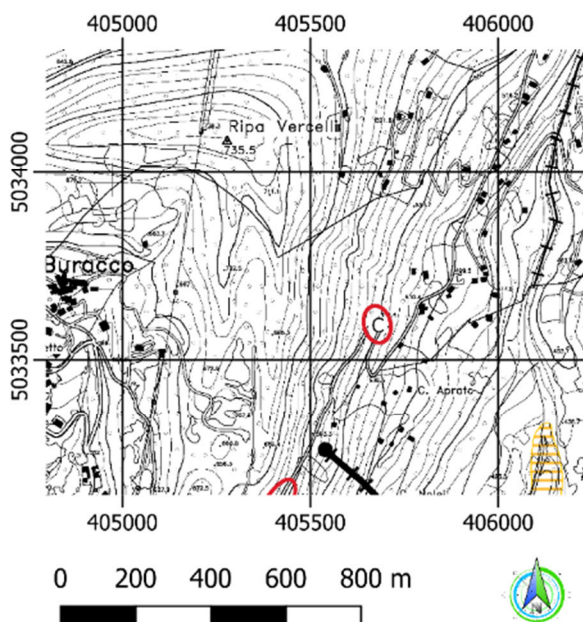
Intervento A



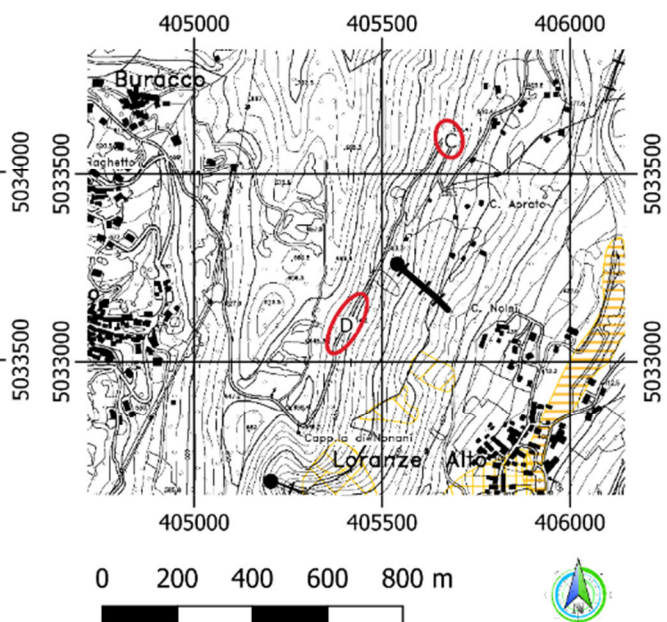
Intervento B



Intervento C



Intervento D



- ~ Esondazione a pericolosità molto elevata - Ee
- 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 moderata - Vm

Figura 12: Consultazione Geoportale dell'Arpa Piemonte



3.5 Piano regolatore Intercomunale PRGI

3.5.1 Intervento A

Dalla carta geomorfologica dei dissesti per il municipio di Alice superiore, vicino al area di intervento "A" non sono segnalati particolari dissesti.

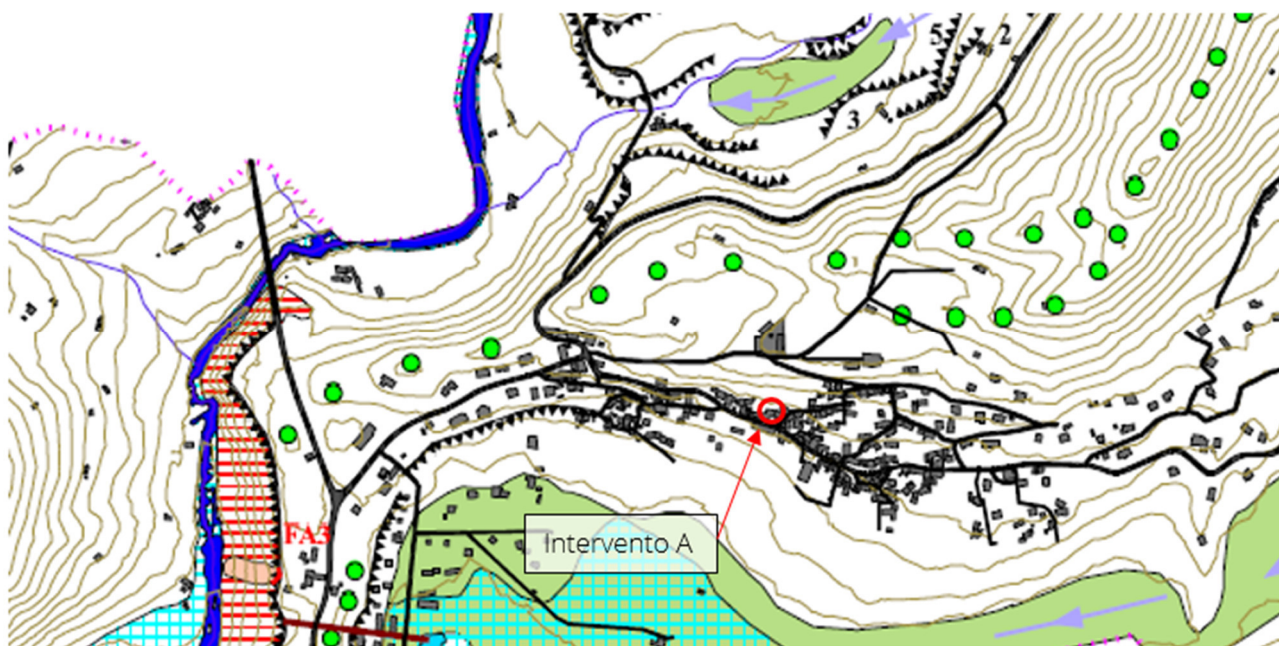
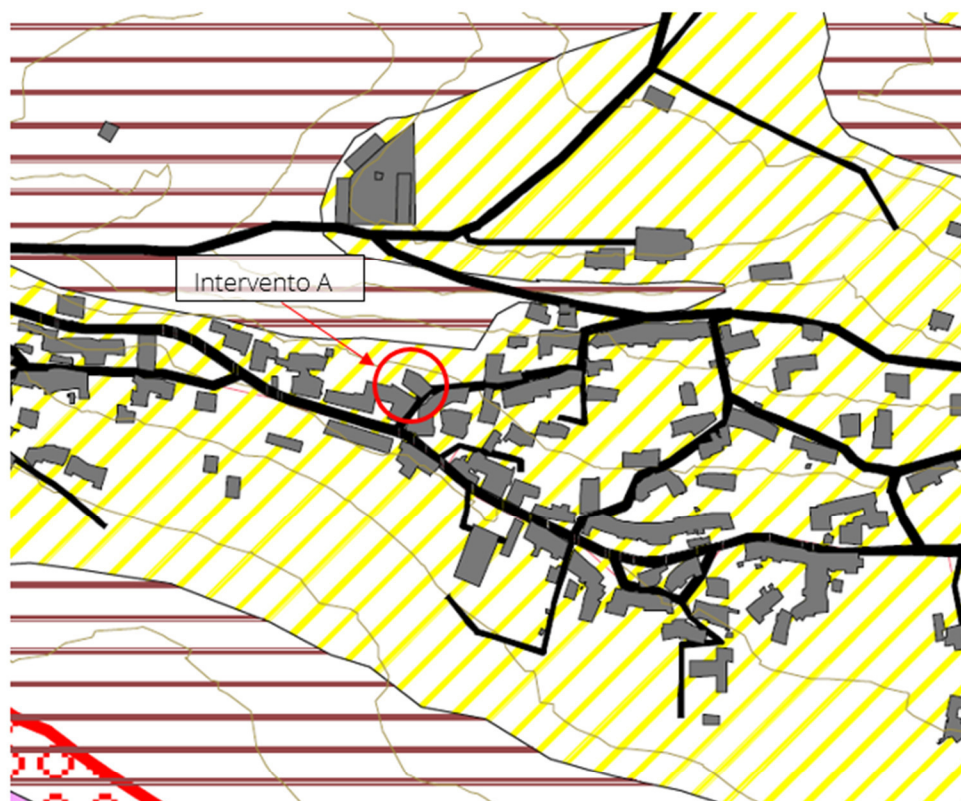




Figura 13: Piano regolatore intercomunale – Carta Geomorfologica e dei dissesti

Dalla consultazione della *carta di sintesi geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica con sovrapposizione dei dissesti*, del PRG del municipio di Alice Superiore (TO), nel sito di intervento riporta:



CLASSE II : Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici ai sensi del D.M. 17.01.2018

Figura 14: Estratto Carta di sintesi – Della pericolosità Geomorfologica - PRGI

Il muro in progetto ricade in **Classe II:** Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed rispetto di modesti accorgimenti tecnici ai sensi del D.M. 17.01.2018.

Trattandosi di opere di interesse pubblico, il cui obiettivo è ricostruzione di opere di sostegno esistenti la loro realizzazione è consentita ai sensi della normativa vigente.

3.5.2 Intervento B

Dalla carta geomorfologica dei dissesti per il municipio di Lugnacco, vicino al area di intervento "B" e non sono segnalati fenomeni di dissesto.

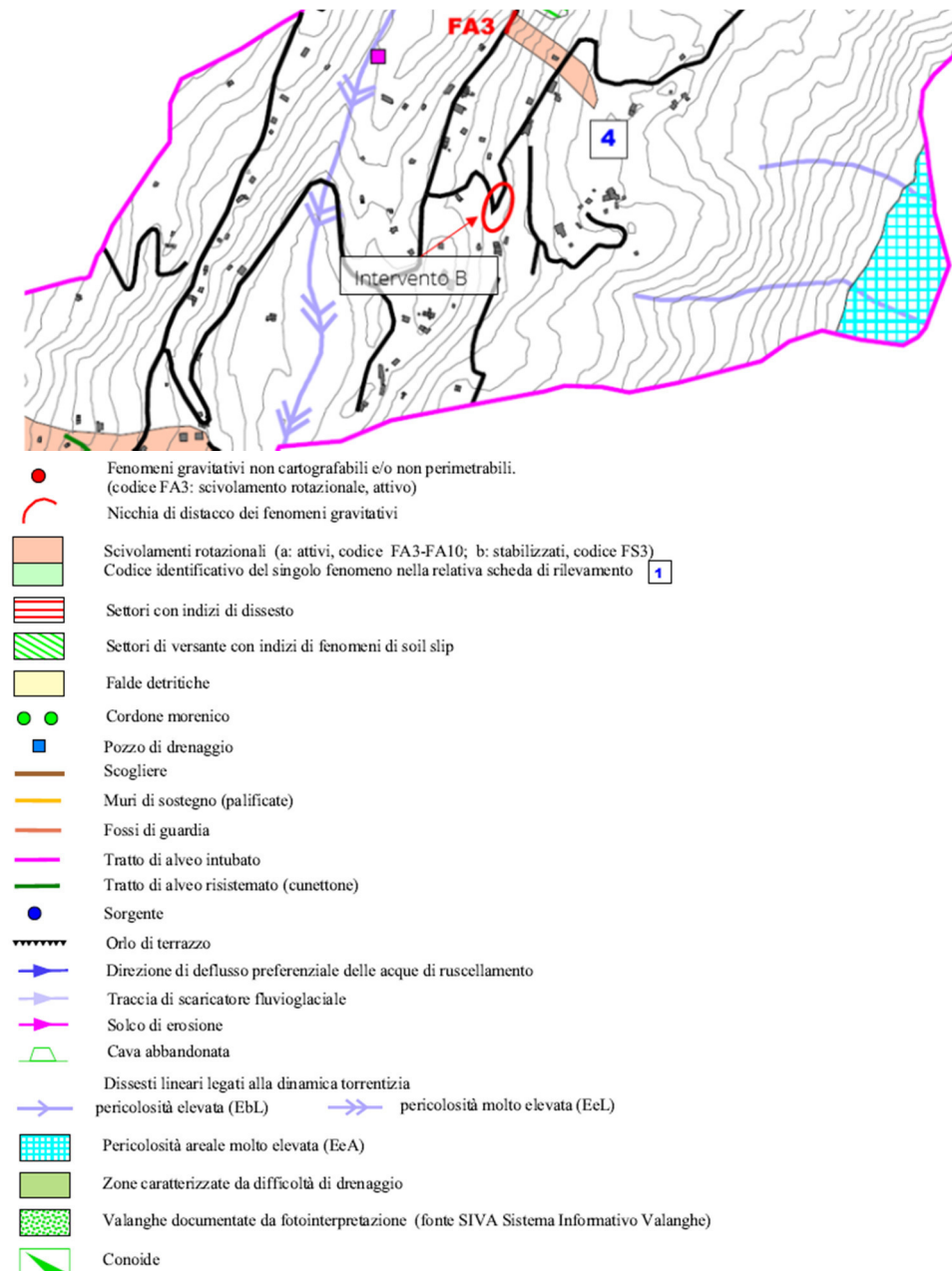


Figura 15: Piano regolatore intercomunale – Carta Geomorfologica e dei dissesti



Dalla consultazione della *carta di sintesi geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica con sovrapposizione dei dissesti*, del PRGI del municipio di Lagnacco (TO), nel sito di intervento riporta:

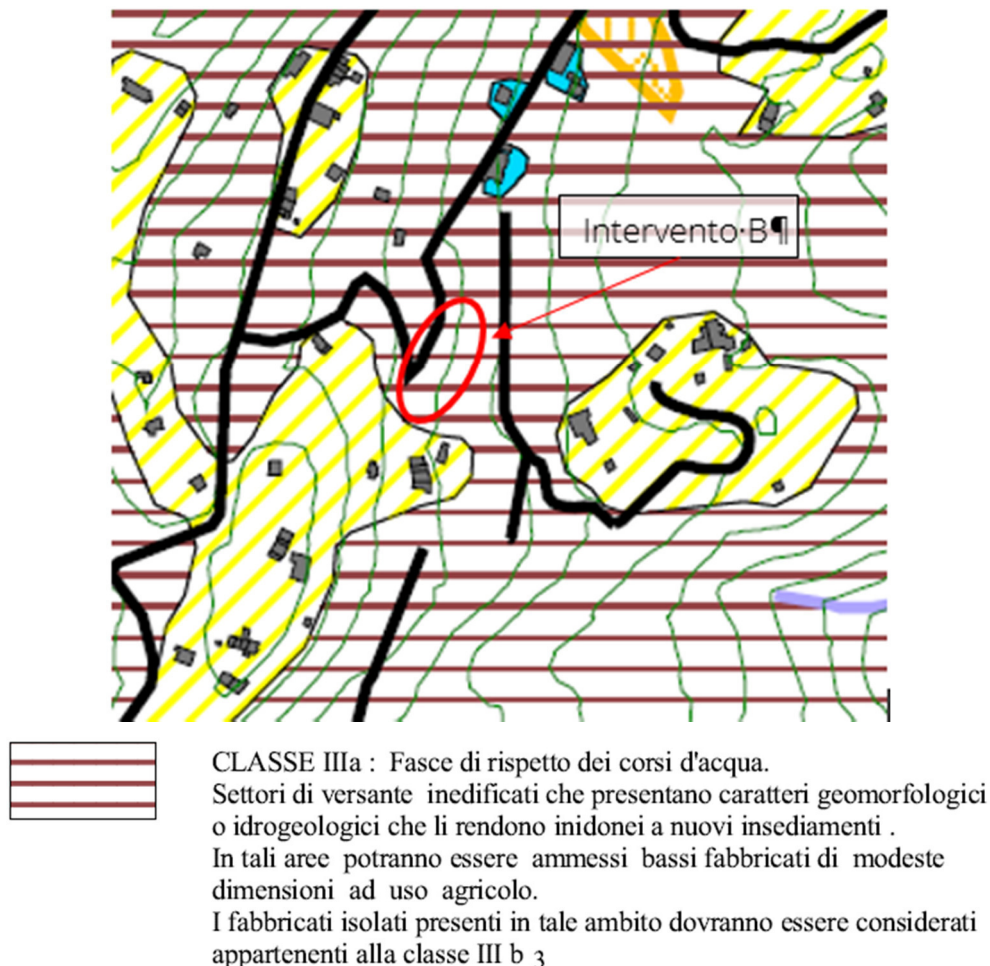


Figura 16: Estratto Carta di sintesi – Della pericolosità Geomorfologica - PRGI

La scogliera in progetto ricade in **Classe IIIa**: Fasce di rispetto dei corsi d'acqua. Settori di versante ineditati che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che li rendono inidonei a nuovi insediamenti. In tali aree potranno essere ammessi bassi fabbricati di modeste dimensioni ad uso agricolo. I fabbricati isolati presenti in tale ambito dovranno essere considerati appartenenti alla classe III b 3.

Trattandosi di opere di interesse pubblico, il cui obiettivo è la messa in sicurezza della vitalità della strada provinciale N°65, la loro realizzazione è prescritta ai sensi della normativa vigente.

Dalla consultazione della carta per elementi organizzativi e strutturali del territorio del PRGI, il intervento B si riporta in aree gravate da vincolo idrogeologico (EX R.D.. 3267/1923) e zona agricole normali.

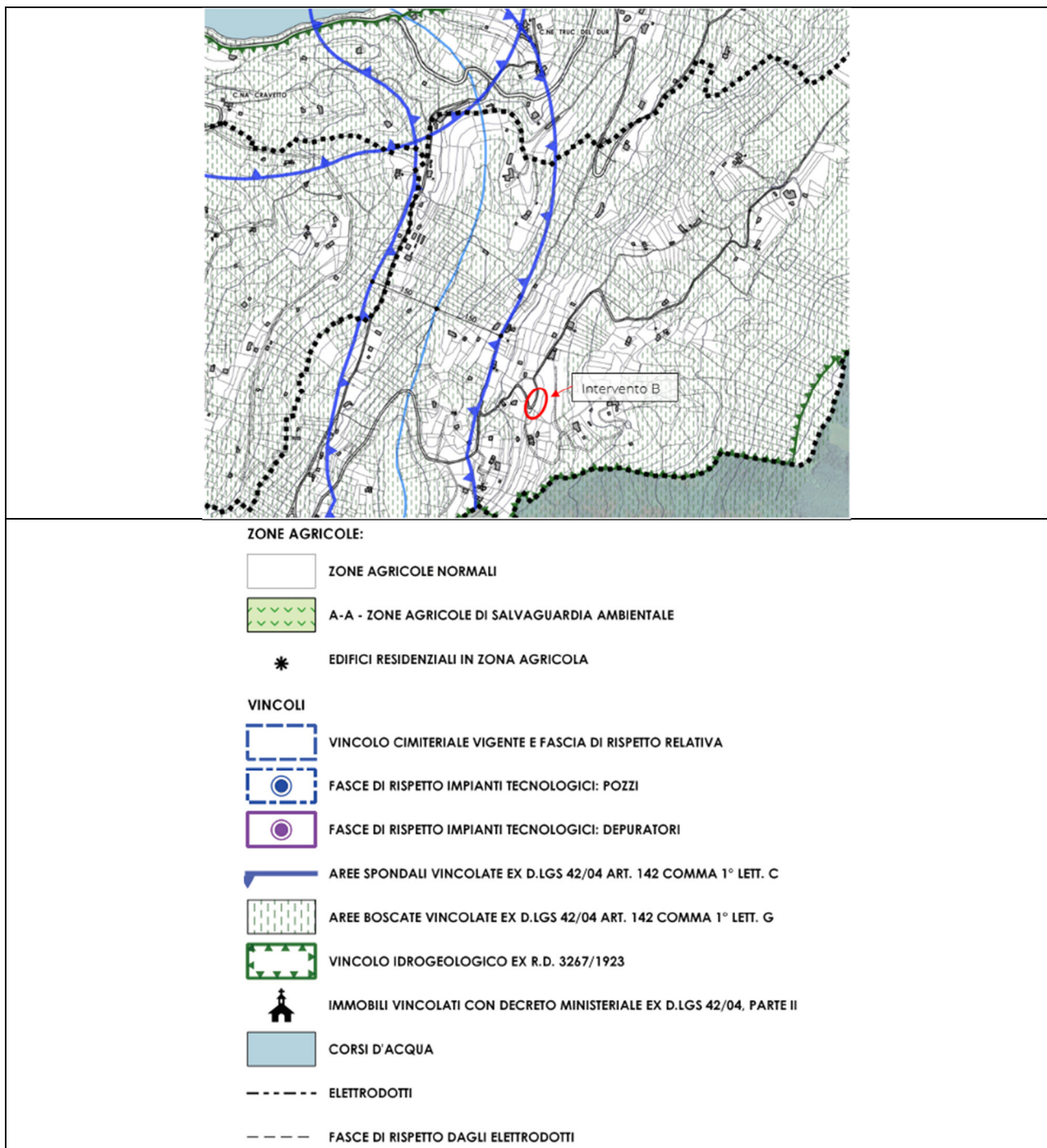
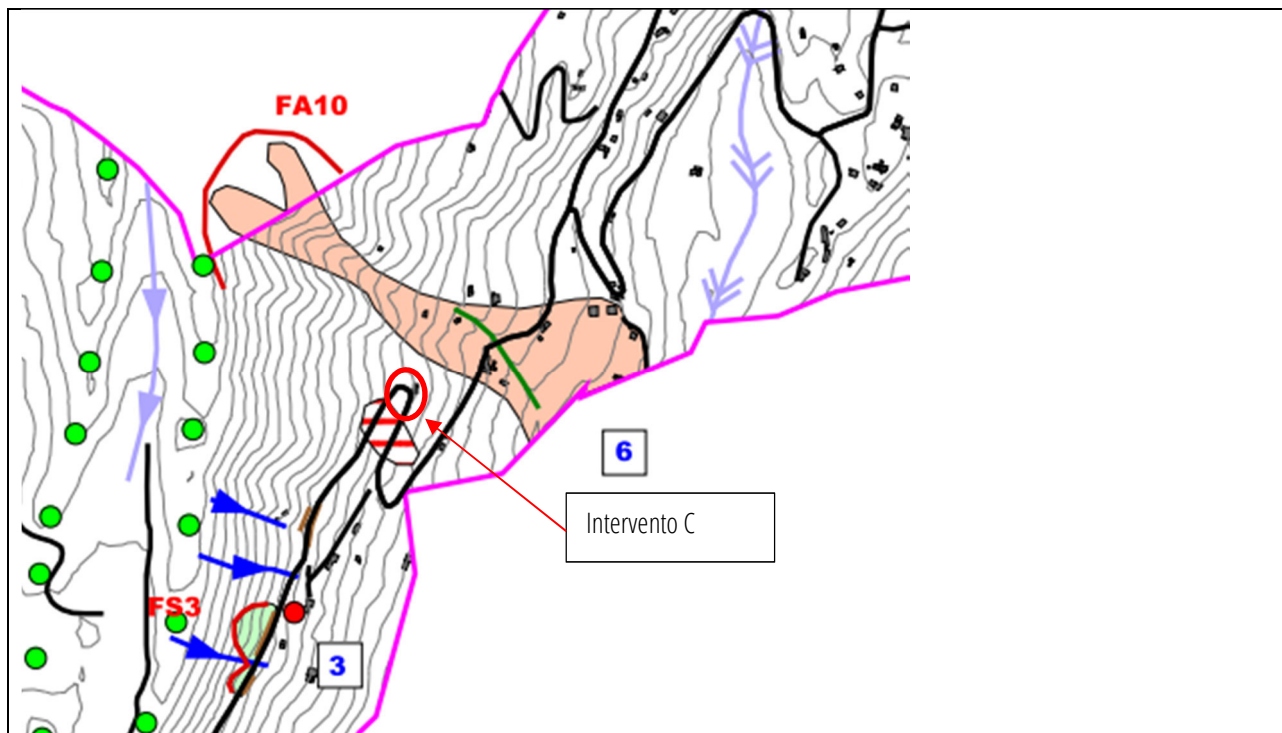


Figura 17: Estratto Tav1A Elementi organizzativi e strutturale del territorio - PRGI



3.5.3 Intervento C

Dalla carta geomorfologica dei dissesti per il municipio di Lugnacco, vicino al area di intervento C si presenta un settore con indizi di dissesto, e una frana attiva (FA10) con scivolamento rotazionali.





























	Fenomeni gravitativi non cartografabili e/o non perimetrabili. (codice FA3: scivolamento rotazionale, attivo)
	Nicchia di distacco dei fenomeni gravitativi
	Scivolamenti rotazionali (a: attivi, codice FA3-FA10; b: stabilizzati, codice FS3) Codice identificativo del singolo fenomeno nella relativa scheda di rilevamento 1
	Settori con indizi di dissesto
	Settori di versante con indizi di fenomeni di soil slip
	Falde detritiche
	Cordone morenico
	Pozzo di drenaggio
	Scogliere
	Muri di sostegno (palificate)
	Fossi di guardia
	Tratto di alveo intubato
	Tratto di alveo risistemato (cunettone)
	Sorgente
	Orlo di terrazzo
	Direzione di deflusso preferenziale delle acque di ruscellamento
	Traccia di scaricatore fluvioglaciale
	Solco di erosione
	Cava abbandonata
	Dissesti lineari legati alla dinamica torrentizia
	pericolosità elevata (EbL)
	pericolosità molto elevata (EeL)
	Pericolosità areale molto elevata (EeA)
	Zone caratterizzate da difficoltà di drenaggio
	Valanghe documentate da fotointerpretazione (fonte SIVA Sistema Informativo Valanghe)
	Conoide

Figura 18: Piano regolatore intercomunale – Carta Geomorfologica e dei dissesti

Dalla consultazione della *carta di sintesi geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica con sovrapposizione dei dissesti*, del PRGI del municipio di Lugnacco (TO), in prossimità al sito di intervento si riporta un dissesto del tipo processi connessi alla dinamica di versante:

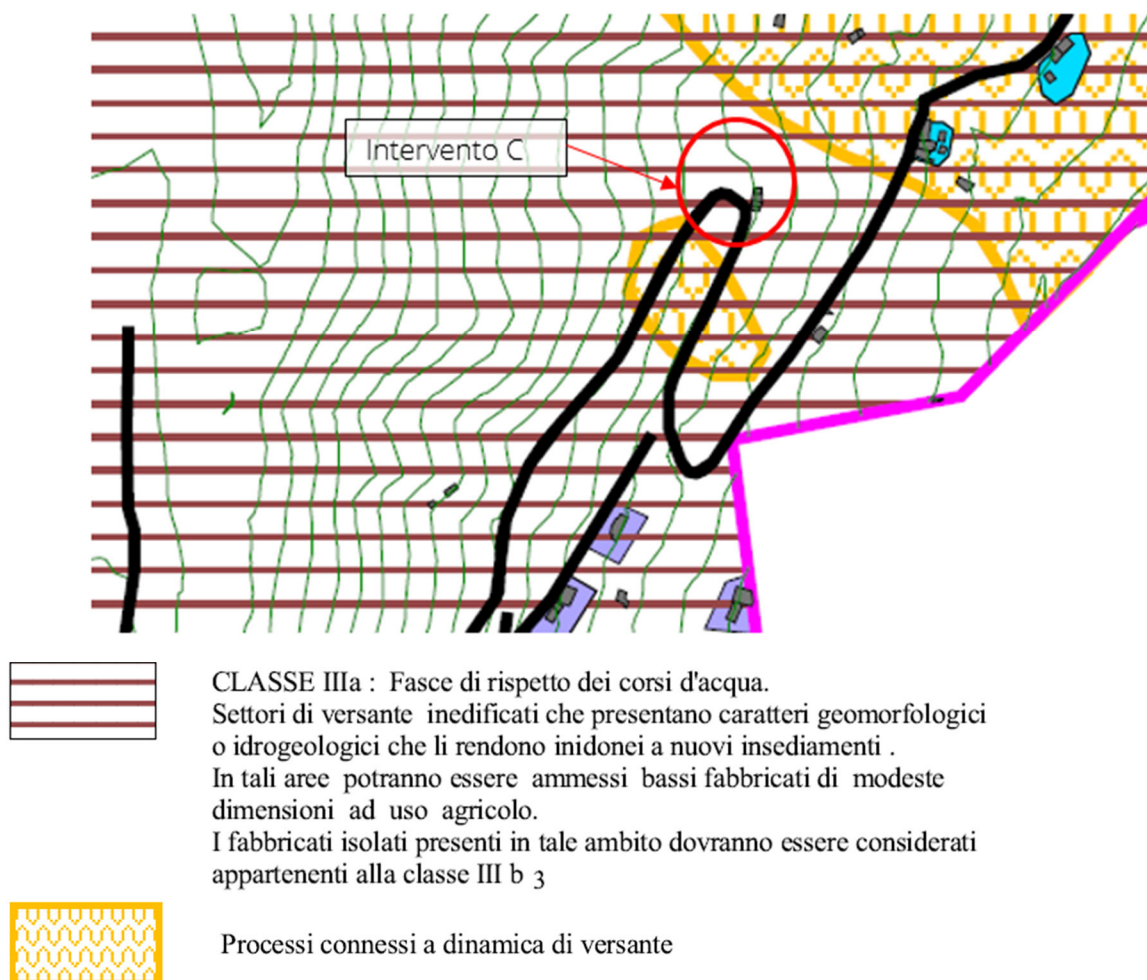


Figura 19: Estratto Carta di sintesi – Della pericolosità Geomorfologica - PRGI

Le opere in progetto ricadono in **Classe IIIa**: Fasce di rispetto dei corsi d'acqua. Settori di versante ineditati che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che li rendono inidonei a nuovi insediamenti. In tali aree potranno essere ammessi bassi fabbricati di modeste dimensioni ad uso agricolo. I fabbricati isolati presenti in tale ambito dovranno essere considerati appartenenti alla classe IIIB3.

Trattandosi di opere di interesse pubblico, il cui obiettivo è la messa in sicurezza della strada provinciale N°65, la loro realizzazione è prescritta ai sensi della normativa vigente.

Dalla consultazione della carta per elementi organizzativi e strutturali del territorio del PRGI, l'intervento C si riporta in aree gravate da vincolo idrogeologico (EX R.D. 3267/1923), e aree boscate vincolate (EX D.LGS.42/04 Art. 142 Comma 1°LETT.G), e zona agricole normali.

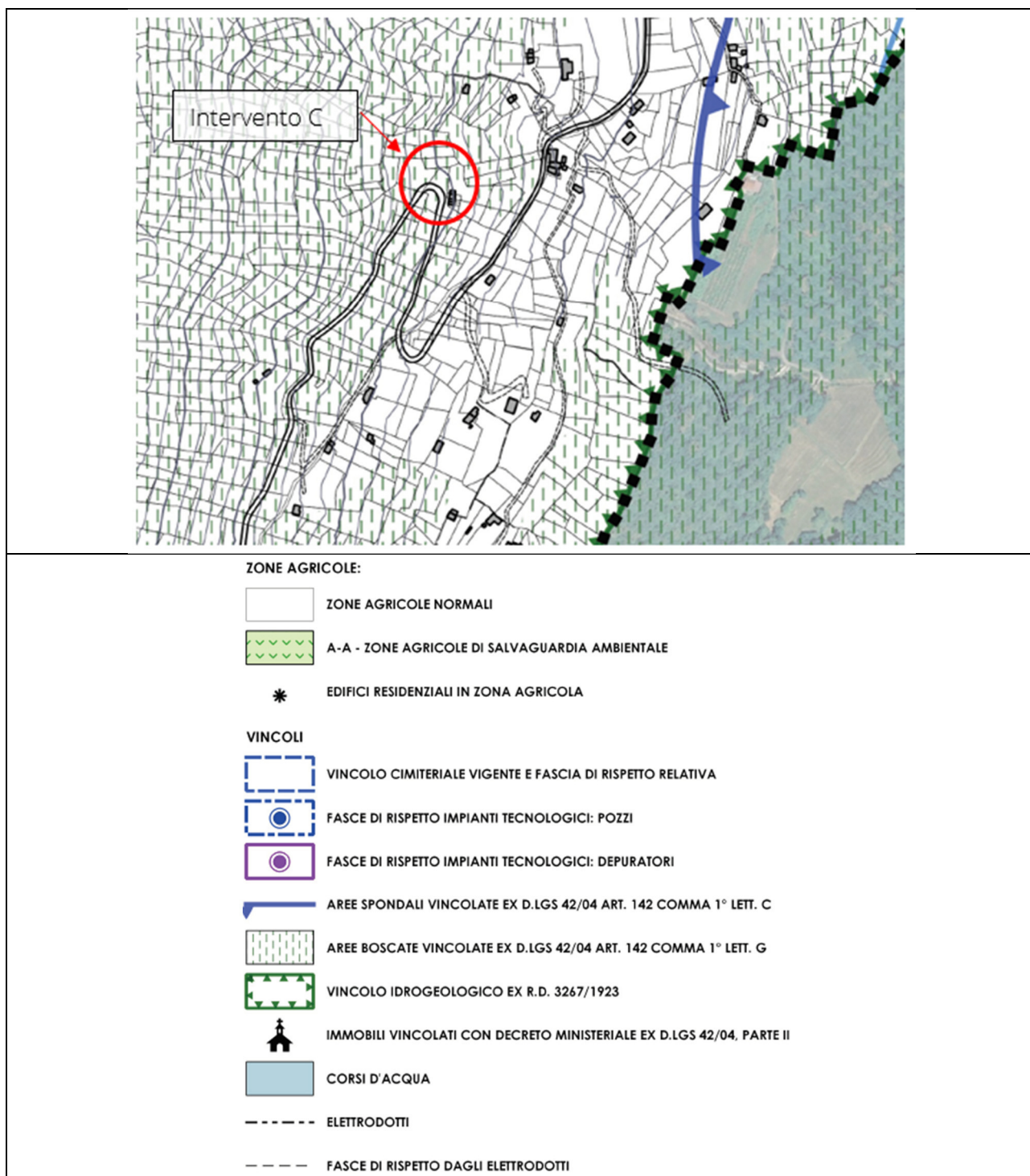


Figura 20: Estratto Tav1A Elementi organizzativi e strutturale del territorio – PRGI



3.5.4 Intervento D

Dalla carta geomorfologica dei dissesti per il municipio di Lugnacco, vicino al area di intervento "D" si trovano, una frana attiva (FA3) con scivolamento rotazionali, una frana stabilizzata (FS3), e una direzione di flusso preferenziale delle acque di ruscellamento che si trova anche vicini a un fenomeno gravitativo non cartografabile.

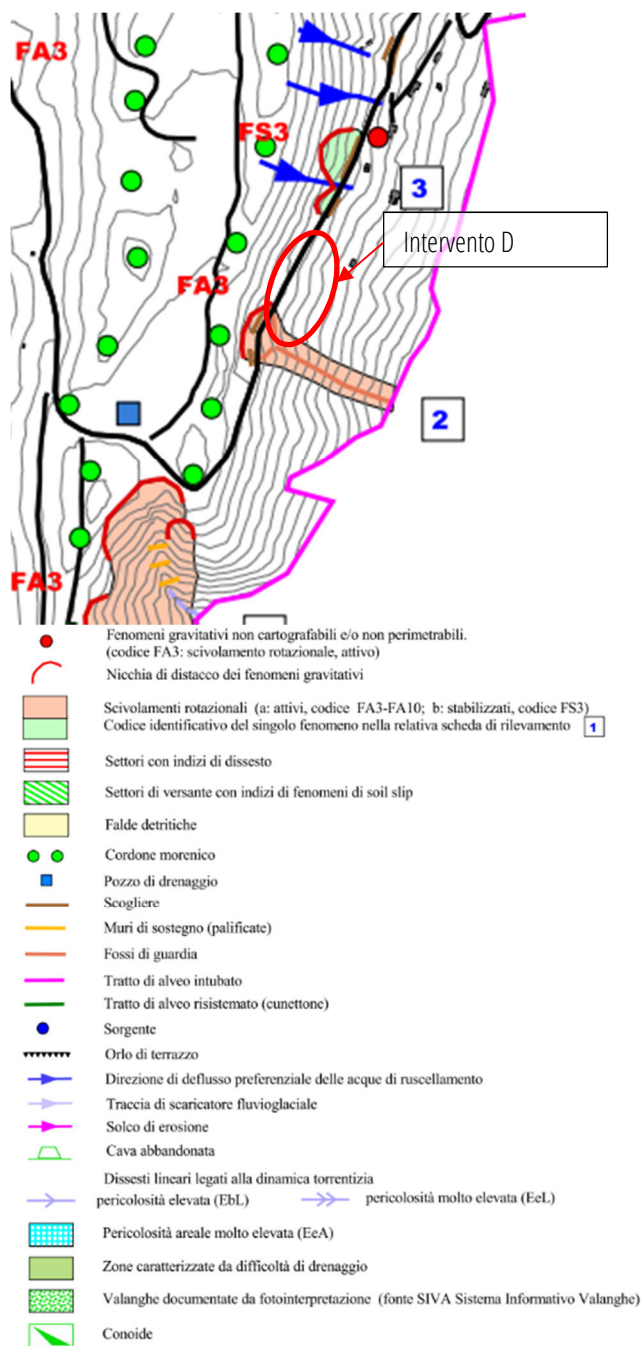


Figura 21: Piano regolatore intercomunale – Carta Geomorfologica e dei dissesti

Dalla consultazione della *carta di sintesi geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica con sovrapposizione dei dissesti*, del PRGI del municipio di Lugnacco (TO), vicino al sito di intervento riporta un dissesto del tipo *processi connessi a dinamica di versante*:

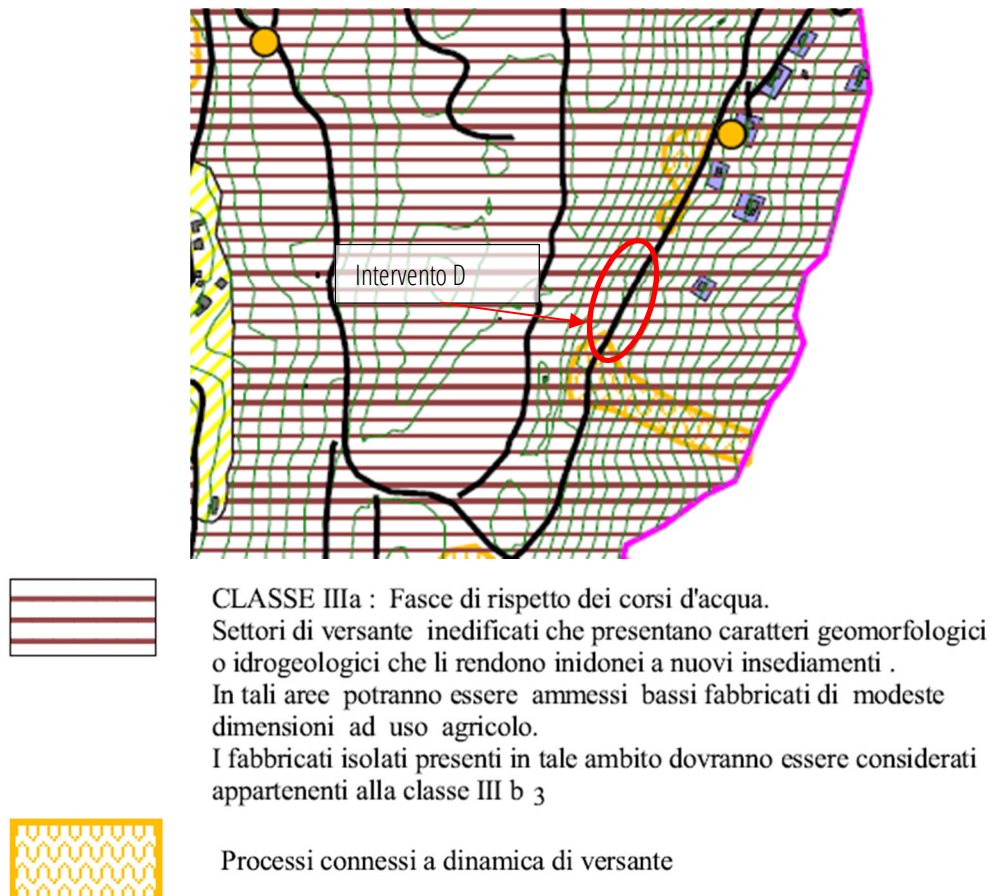


Figura 22: Estratto Carta di sintesi – Della pericolosità Geomorfologica - PRGI

Le opere in progetto ricadono in **Classe IIIa**: Fasce di rispetto dei corsi d'acqua. Settori di versante ineditati che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che li rendono inidonei a nuovi insediamenti. In tali aree potranno essere ammessi bassi fabbricati di modeste dimensioni ad uso agricolo. I fabbricati isolati presenti in tale ambito dovranno essere considerati appartenenti alla classe IIIB3.

Trattandosi di opere di interesse pubblico, il cui obiettivo è la messa in sicurezza della strada provinciale N°65, la loro realizzazione è consentita ai sensi della normativa vigente.

Dalla consultazione della carta per elementi organizzativi e strutturali del territorio del PRGI, il intervento D ricade in aree gravate da vincolo idrogeologico (EX R.D. 3267/1923), aree boscate vincolate (EX D.LGS.42/04 Art. 142 Comma 1°LETT.G), e zona agricole normali.

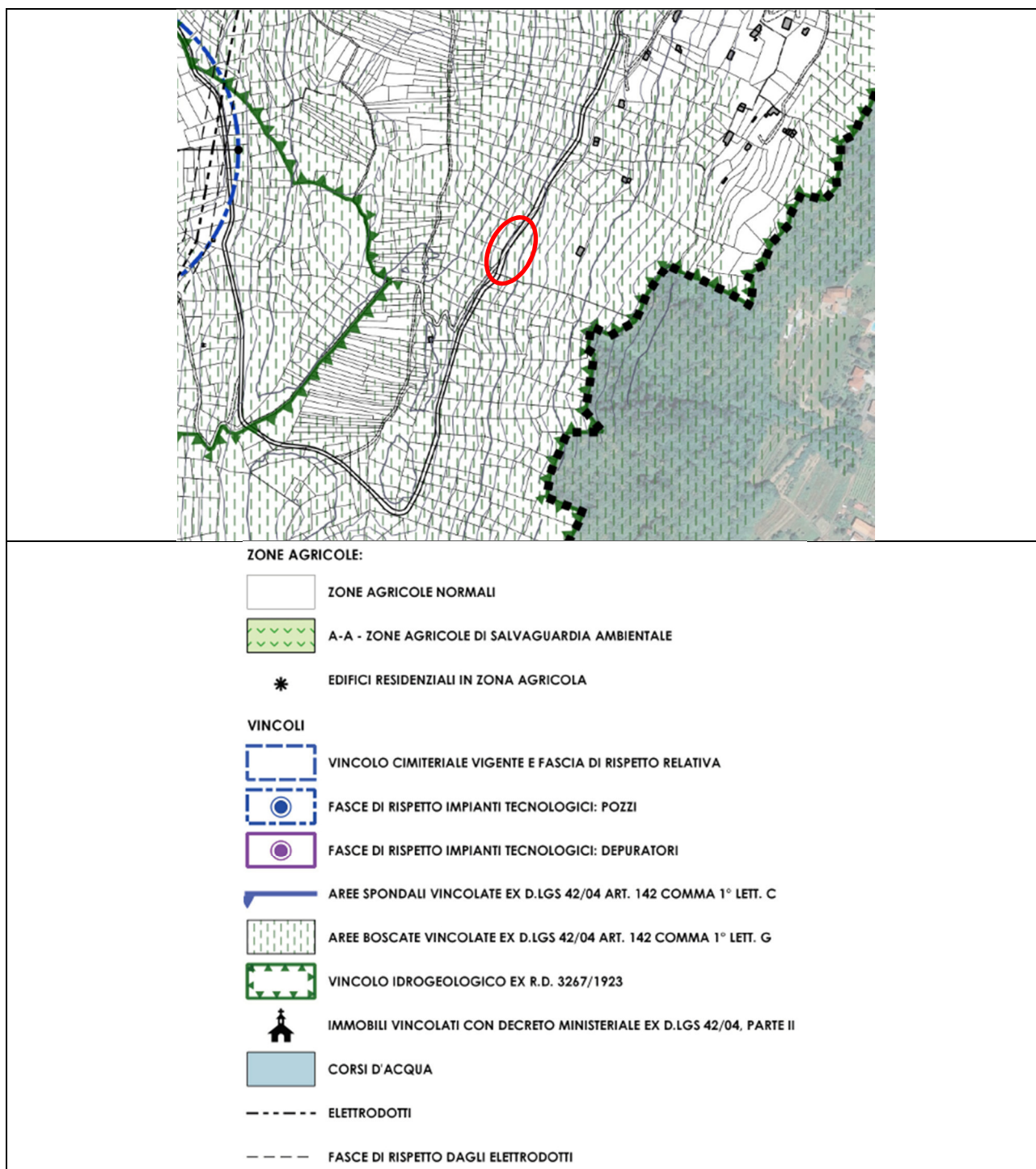
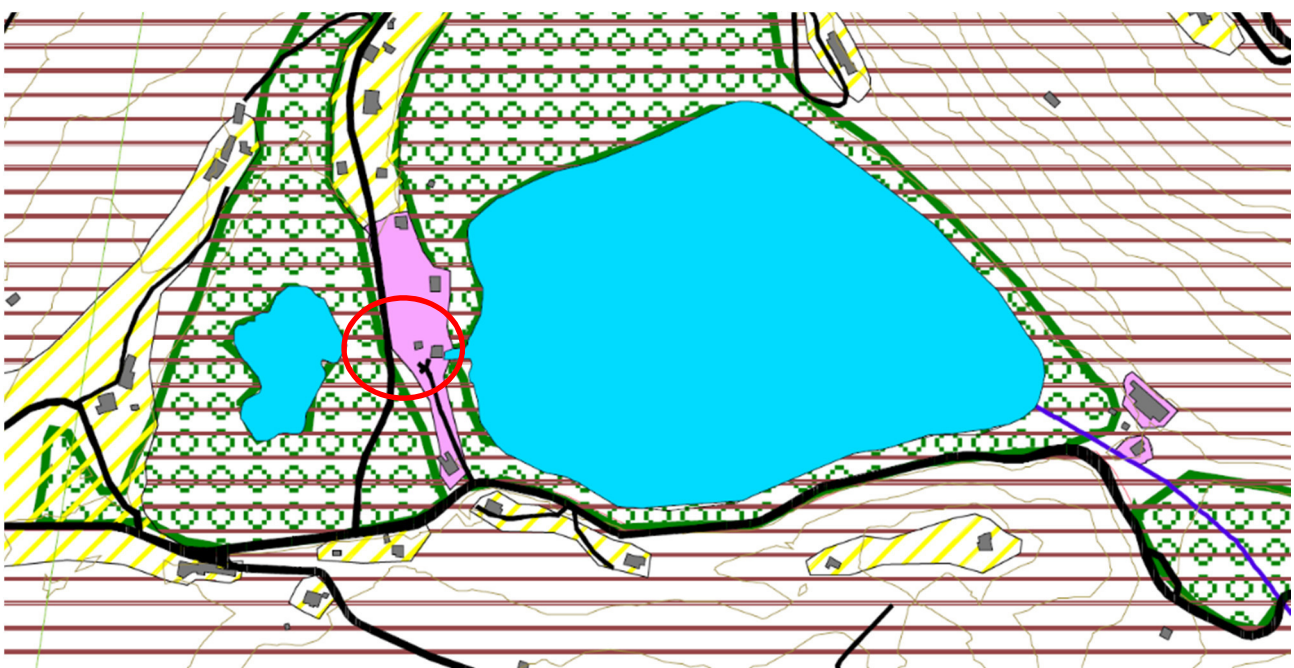


Figura 23: Estratto Tav1A Elementi organizzativi e strutturale del territorio – PRGI

3.5.5 Intervento E

Dalla consultazione della *carta di sintesi geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica con sovrapposizione dei dissesti*, del PRGI del municipio di Alice superiore (TO), vicino al sito di intervento riporta *un settore di scadenti caratteristiche geotecniche*:



Legenda










-  CLASSE II : Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici ai sensi del D.M. 17.01.2018
-  CLASSE IIIa : Fasce di rispetto dei corsi d'acqua. Settori di versante ineditati che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che li rendono inidonei a nuovi insediamenti. In tali aree potranno essere ammessi bassi fabbricati di modeste dimensioni ad uso agricolo. I fabbricati isolati presenti in tale ambito dovranno essere considerati appartenenti alla classe III b₃
-  CLASSE IIIb₂ : Porzioni di territorio edificate nelle quali, a seguito della realizzazione delle opere di sistemazione idrogeologica, sarà possibile la realizzazione di nuove edificazioni, ampliamenti o completamenti (IIIb s.s.)
-  CLASSE IIIb₃ : Porzioni di territorio edificate nelle quali, a seguito della realizzazione delle opere di riassetto sarà possibile solo un modesto incremento del carico antropico. Da escludersi nuove unità abitative e completamenti.
-  Processi connessi ad attività valanghiva
-  Processi connessi a dinamica fluviale e torrentizia
-  Processi connessi a dinamica di versante
-  Settori con scadenti caratteristiche geotecniche
-  Processi connessi a dinamica di versante non cartografabili/perimetrabili

Figura 24: Estratto Carta di sintesi – Della pericolosità Geomorfologica - PRGI

Le opere in progetto ricadono in **Classe IIIa: Fasce di rispetto dei corsi d'acqua. Settori di versante ineditati che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che li rendono inidonei a nuovi insediamenti. In tali aree potranno essere ammessi bassi fabbricati di modeste dimensioni ad uso agricolo. I fabbricati isolati presenti in tale ambito dovranno essere considerati appartenenti alla classe IIIb₃.** E in **Classe IIIb** porzioni di territorio edificate nelle quali,



a seguito della realizzazione delle opere di sistemazione idrogeologica, sarà possibile la realizzazione di nuove edificazioni ampliamenti o completamenti (IIIb s.s.)

3.6 Vincolo idrogeologico

Da un punto di vista del vincolo idrogeologico L.R.45/89 le opere in progetto (B, C e D) che ricadono in aree vincolate, sono di fatto escluse da specifica autorizzazione in quanto:

Gli interventi B,C e D trattandosi di interventi di manutenzione straordinaria di viabilità intercomunale esistente sono esclusi da specifica autorizzazione ai sensi dell'Art. 11. Della L.R. 45/89 - (Esclusione dalla autorizzazione)

1. Non sono soggetti all'autorizzazione di cui all'articolo 1:

a) gli interventi di manutenzione, anche straordinaria, di strade, di ferrovie, di piste agro-silvo-pastorali, nonché di strutture relative a sistemi di trasporto pubblico, ivi compresi gli impianti funiviari e di risalita, e di erogazione di pubblici servizi, esclusi i casi in cui sia previsto l'ampliamento della sezione o la rettificazione del tracciato;

Nello specifico non è previsto per gli interventi un allargamento della carreggiata bensì esclusivamente la messa in sicurezza del ciglio stradale esistente attualmente non pavimentato e la messa in sicurezza della strada mediante la costruzione di barriera stradale.

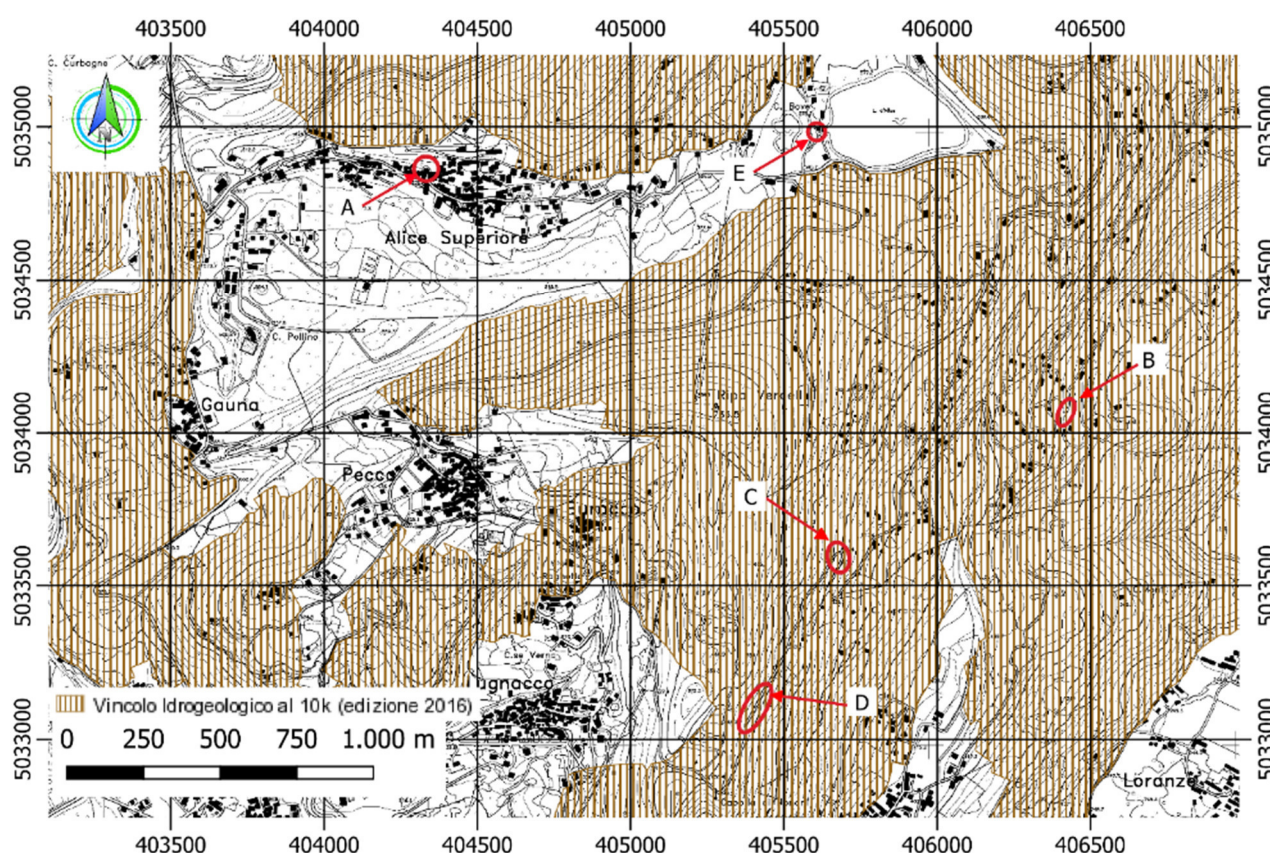


Figura 25: Vincolo idrogeologico su CTR



4 LE OPERE IN PROGETTO

Il presente progetto riguarda la manutenzione straordinaria e messa in sicurezza di diverse strade, del muro di contenimento della ex Società Operaia di Alice Superiore e la manutenzione straordinaria dello sfioratore dei laghi di Alice Superiore.

In particolare le opere in progetto sono di seguito descritte:

4.1 Intervento A

Il muro di sostegno situato sul lato di monte della proprietà dove sono siti i locali della ex *Società Operaia*, il muro delimita il cortile interno del fabbricato. Il muro attuale costruito in pietrame irregolare e malta (calce) presenta diversi segni di dissesto che ne fanno paventare un possibile repentino collasso. Una parte del muro risulta già crollata. Si vuole ricostruire il muro esistente, con le stesse caratteristiche, riutilizzando il pietrame presente ma conferendogli una struttura tale da garantirne la stabilità nel tempo.



Figura 26: Il muro attuale – tratto crollato



Figura 27: Evidenza di dissesti all'interno del locale ricavato a tergo del muro



Figura 28: Tratto di muro esistente fronte piazza in cui sono stati messi in opera degli interventi sommari di messa in sicurezza.

Antistante al cortile interno il muro è stato rafforzato alla base mediante la messa in opera di una sottofondazione in C.A. e mediante l'intasamento del paramento con malta cementizia, indubbiamente interventi di scarso pregio estetico.

Analizzando la situazione e valutando le diverse ipotesi di intervento, si è optato per una soluzione radicale, ovvero la demolizione completa del muro esistente e la sua ricostruzione rispettando i canoni estetici e costruttivi storici.

In particolare si prevede quindi:

- La demolizione completa del muro esistente e l'accantonamento del pietrame costituente il paramento per il successivo riutilizzo.
- La costruzione di un nuovo muro in c.a. con integrazione del locale interrato presente al suo interno.

- Il rivestimento completo del paramento in c.a. con il pietrame proveniente dalla demolizione del muro per uno spessore di circa 50 cm.
- Il rivestimento in pietrame del locale interrato.
- La messa in opera di due finti archi nel rispetto delle tipologie attualmente presenti.
- La messa in opera di una rampa di accesso al cortile soprastante funzionale a rendere fattibile la manutenzione dell'area per il futuro.
- Lo spostamento dell'impianto elettrico esterno.
- La messa in opera di una ringhiera di protezione sulla sommità del muro.

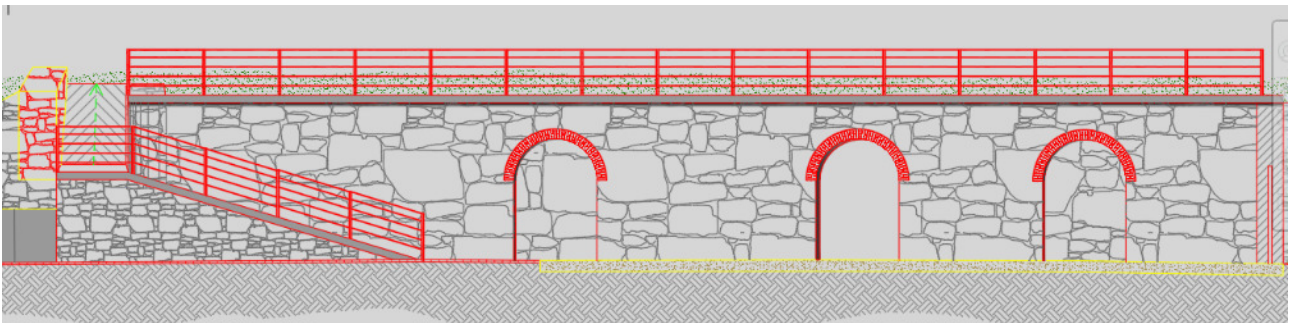


Figura 29: Prospetto intervento in progetto

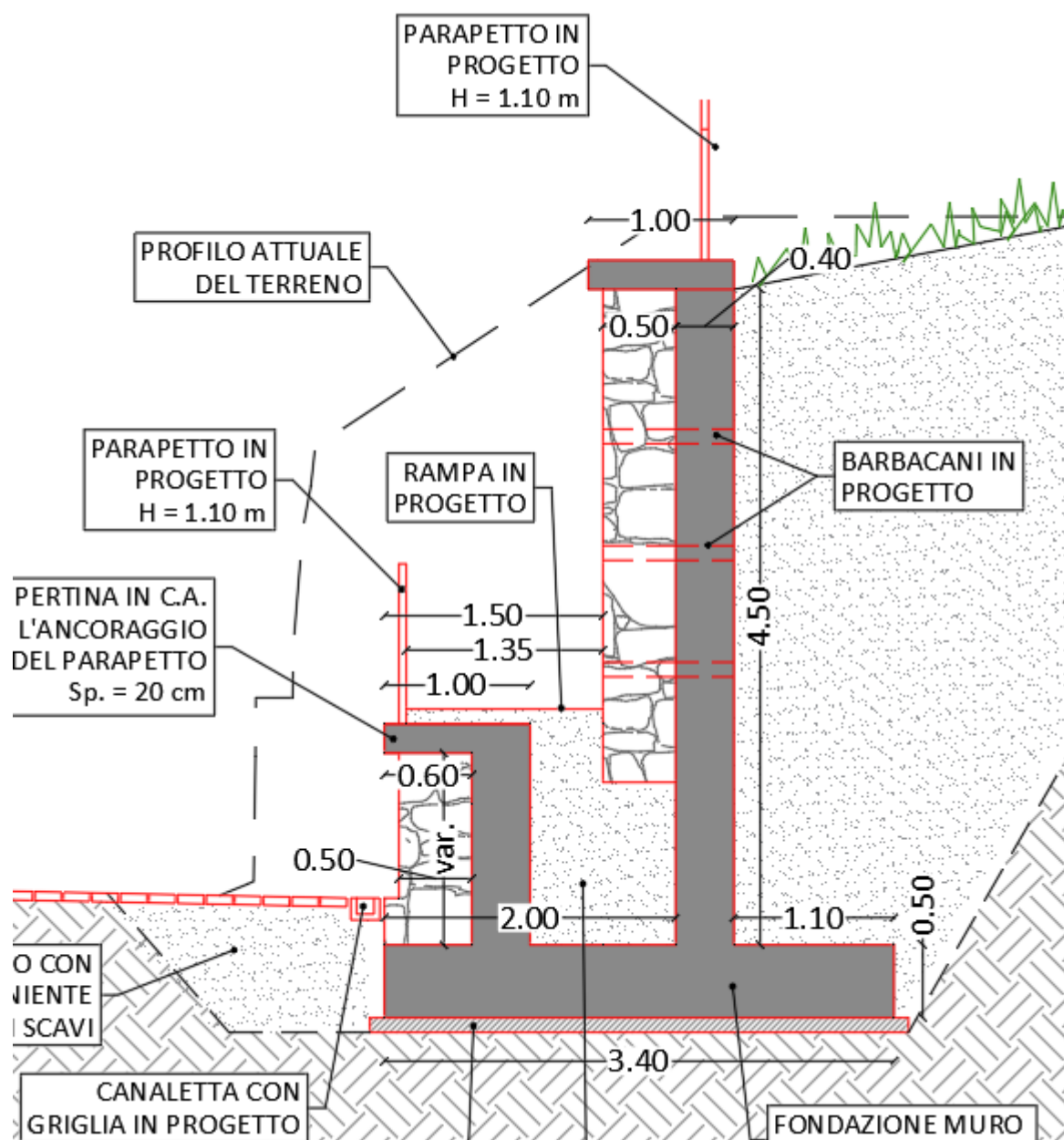


Figura 30: Particolare sezione muro in corrispondenza della rampa

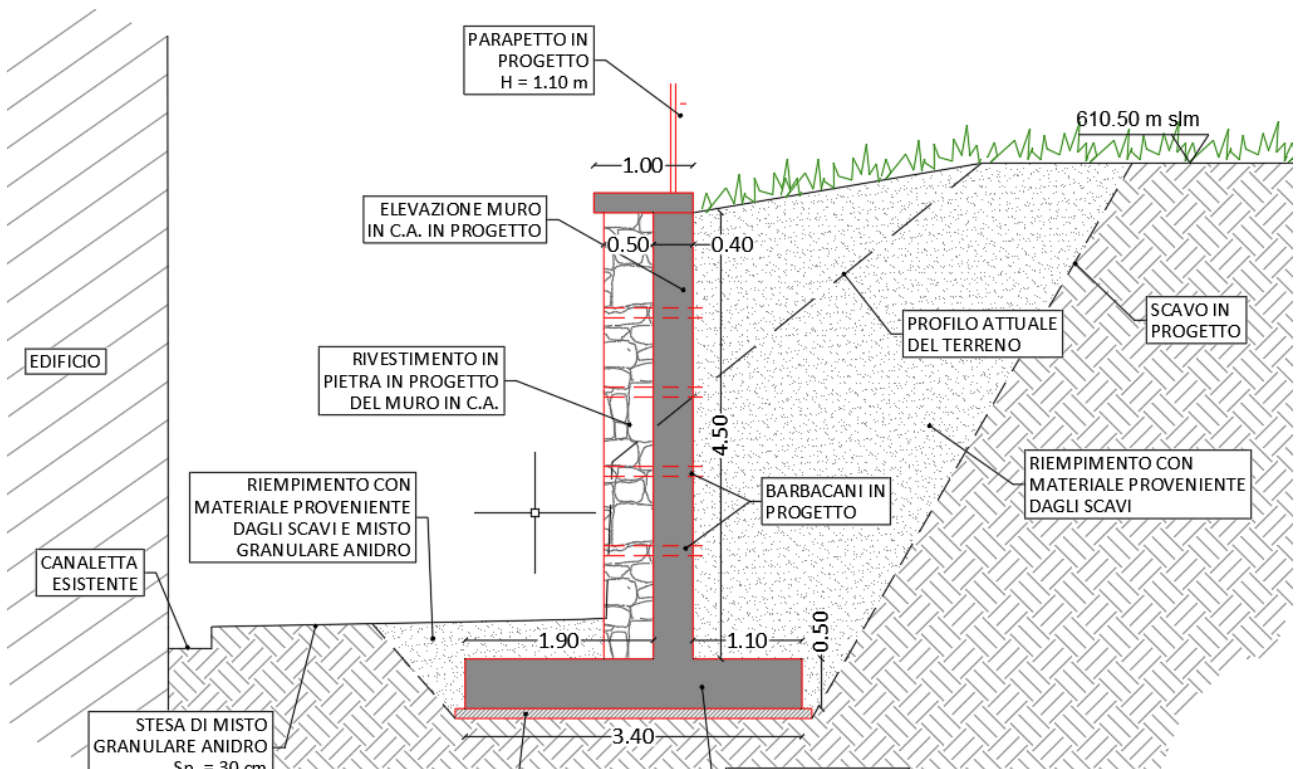


Figura 31: Particolare sezione muro

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



4.2 Intervento B.

L'intervento A è costituito dal rifacimento-sistemazione di una scarpata stradale lungo la strada provinciale 65, subito a valle di un tornante. Allo stato attuale la strada manifesta i segni di un cedimento del bordo scarpata, causati sia dal ruscellamento delle acque superficiali che dalla notevole acclività della scarpata di valle:



Figura 32: Manto stradale fortemente degradato con evidenti segni di cedimento sul lato di valle.

L'intervento prevede la costruzione di una scogliera di sottoscarpa in massi a secco la cui geometria è raffigurata nella seguente figura:

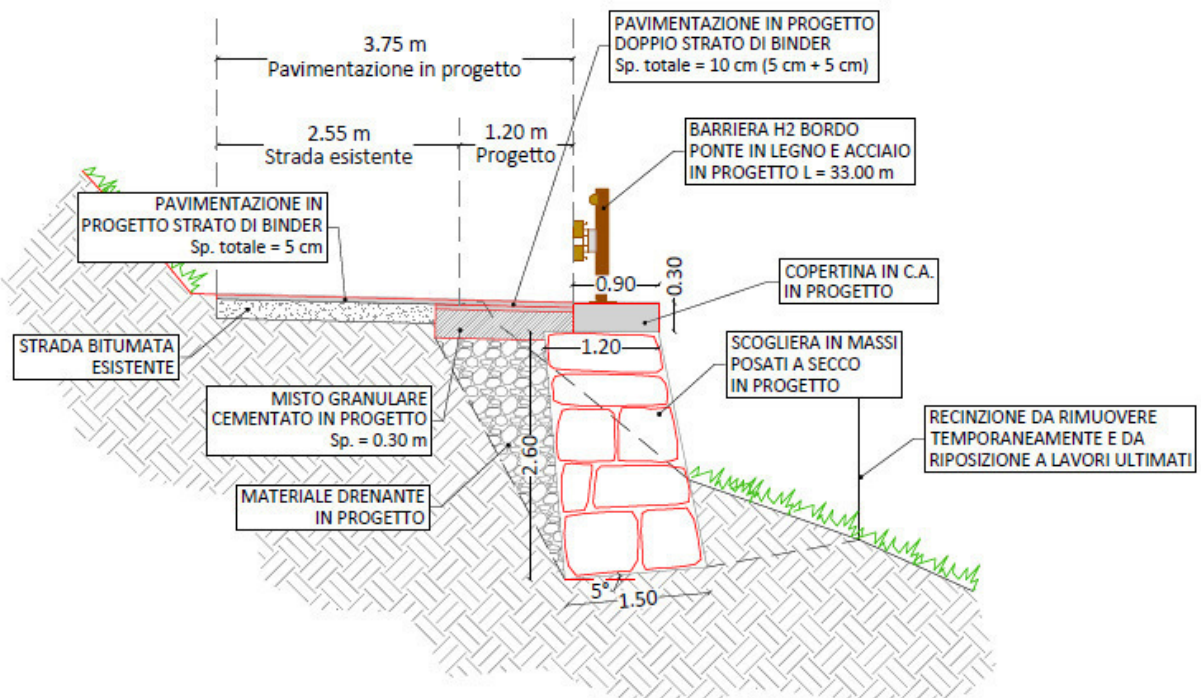


Figura 33: Sezione tipo

La scogliera con altezza massima di circa 2.5 m, di cui 1.5 m max. fuori terra, avrà sezione trapezia sormontata con copertina in C.A. per la posa della barriera stradale.

A tergo della scogliera sarà posizionato materiale drenante anidro. La strada sarà ripristinata con la ricostruzione della pavimentazione.

Sarà necessario rimuovere la recinzione esistente alla base della scarpata e riposizionarla al termine dei lavori. L'intervento si estende per una lunghezza di circa 33 metri, chiudendosi a valle contro i grossi blocchi litoidi presenti e a monte con una risega verso la strada sterrata in corrispondenza del sentiero di accesso alle proprietà esistenti.

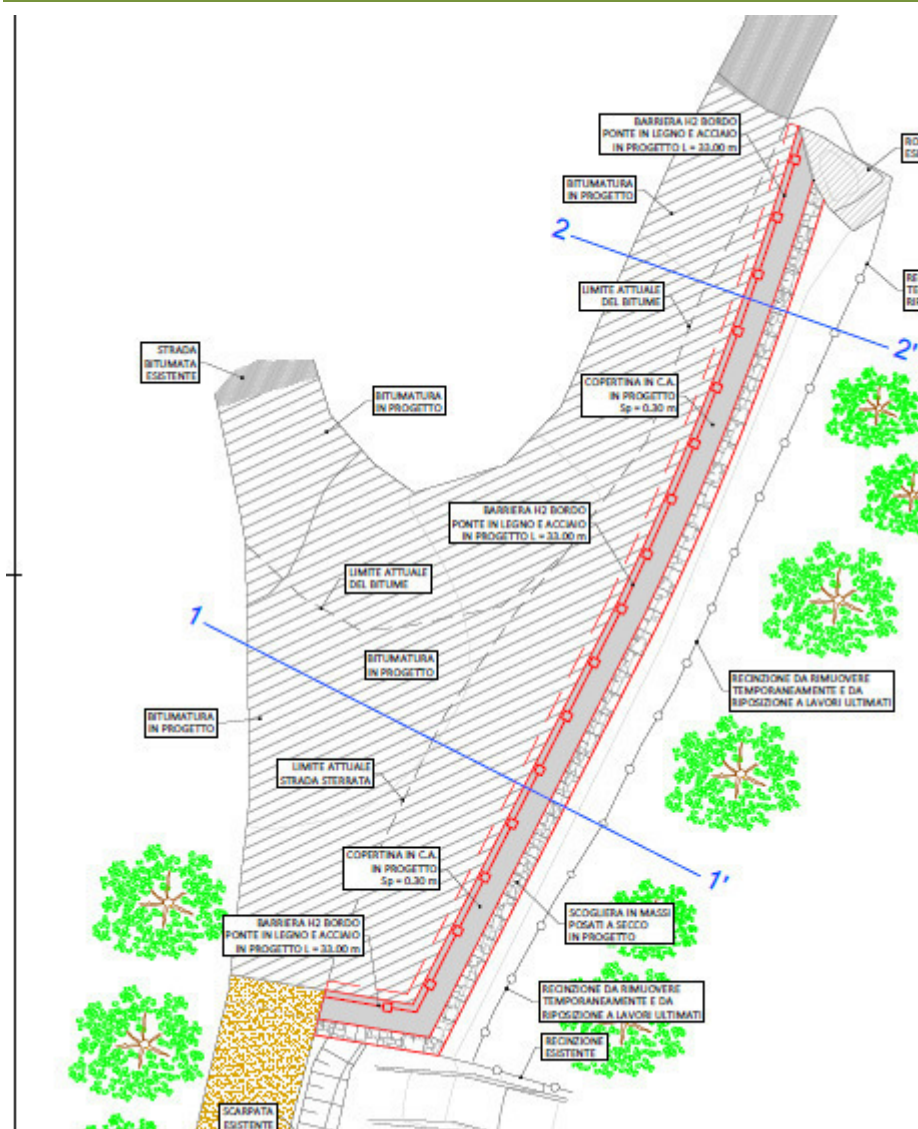


Figura 34: Plani progetto

Nel dettaglio le lavorazioni da realizzare sono:

- Scavo a sezione obbligata per la realizzazione della nuova opera di sostegno di sottoscampa, con riutilizzo del materiale per il successivo reinterro
- Realizzazione della nuova opera di sostegno di sottoscampa costituita in massi di cava posati a secco.
- Copertina in c.a. gettato in opera su tutti i tratti di scogliera in progetto, della sezione di 90 x 30 cm, garantendo la totale invarianza della carreggiata attuale. Tale copertina sarà a filodel ciglio stradale.
- Barriera stradale tipo H2 bordoponte in legno e acciaio, idoneamente fissata alla copertina in c.a. con piastre, tirafondi, ecc.

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



4.3 Intervento C e D.

Gli interventi C e D sono interventi di manutenzione stradale, funzionali al rafforzamento della sede stradale in corrispondenza del ciglio stradale di valle e della messa in opera della barriera stradale H2 bordo ponte in legno e acciaio.

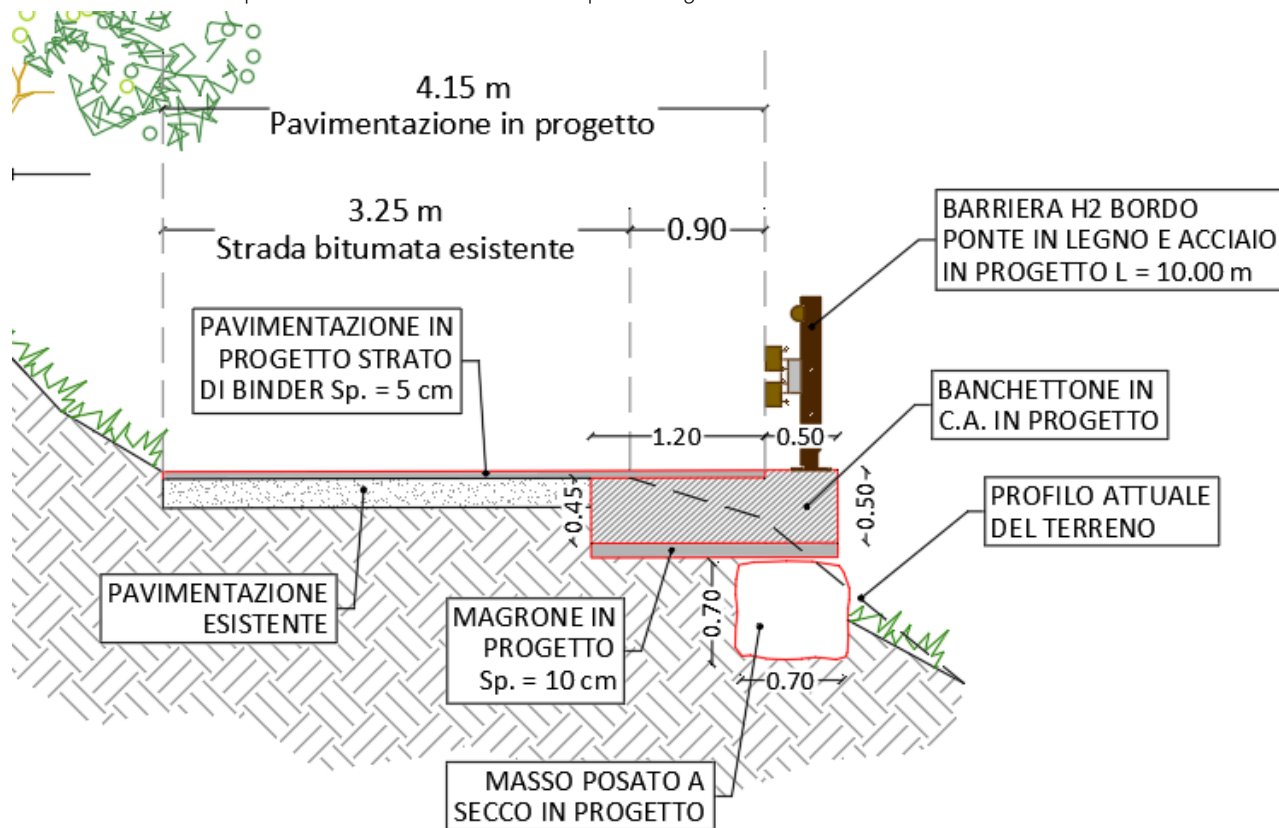


Figura 35: Sezione tipo interventi C e D.

L'intervento prevede la messa in opera di un cordolo in C.A. di sezione rettangolare, $B=1.7$, $H=0.5$, quasi completamente poggiato sul sedime stradale esistente. A valle ove necessario sarà posizionato un masso di forma tabulare ed altezza non inferiore a 50 cm a supporto del lato esterno. Sul *banchettone* sarà installata una barriera bordo ponte di tipo H2.

Nel dettaglio le lavorazioni da realizzare sono:

- Scavo a sezione obbligata per la realizzazione del banchettone,
- Realizzazione della nuova opera di sostegno di sottoscarpa costituita in massi di cava posati a secco.
- Copertina in c.a. gettato in opera su tutti i tratti di scogliera in progetto, della sezione di 90 x 30 cm, garantendo la totale invarianza della carreggiata attuale. Tale copertina sarà a filo del ciglio stradale.
- Barriera stradale tipo H2 bordoponte in legno e acciaio, idoneamente fissata alla copertina in c.a. con piastre, tirafondi, ecc.

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

4.4 Intervento E

L'intervento E consiste nella semplice manutenzione della tubazione di *scolmo* esistente tra i due laghi di Alice. La tubazione, di cui si hanno poche informazioni e costituita da un tubo in C.A. della lunghezza superiore ai 60 metri che *scolma* il lago superiore laddove questo superi un certo livello.

Allo stato attuale, il dislivello che viene mantenuto tra i due laghi è di circa 0.7 m. L'amministrazione comunale ha provveduto con una video ispezione parziale della tubazione esistente, partendo dallo sbocco, ubicato al di sotto della *terrazza* che si affaccia sul lago *grande* (inferiore). L'ispezione ha evidenziato che per il tratto a cui si è potuto accedere, il diametro interno della tubazione è 900 mm. La tubazione inizia con una certa direzione partendo dal locale interrato, che mantiene per circa 4 metri, in seguito cambia direzione per un tratto di circa 22 m, quello ispezionato. Da qui l'ispezione si è conclusa in quanto non essendo presente un pozzetto di ispezione non vi erano le condizioni di sicurezza tali per poterla proseguire. Allo stato attuale la tubazione risulta essere funzionante, con un modesto deflusso nella stessa (< 0.5 l/sec). Allo stato attuale è sconosciuta l'ubicazione dell'opera di presa, essendo presente un fitto canneto tale da rendere l'area impraticabile. La volontà dell'amministrazione è di procedere con un intervento di manutenzione straordinaria-adeguamento funzionale. L'intervento in progetto consta della messa in opera di un primo pozzetto di controllo, ubicato in corrispondenza dell'attuale marciapiede. Il pozzetto costruito in opera sarà coperto con un tombino carrabile. Nella messa in opera del pozzetto si prevede di *aprire* la tubazione esistente per procedere con una prima ispezione del tratto restante di tubazione e per consentire future manutenzioni-controlli.

Il secondo intervento prevede la messa in opera di un ulteriore pozzetto, con apertura della tubazione esistente a monte della strada comunale, il pozzetto sarà coperto con un grigliato, la cui funzione è quella di intercettare le acque del lago laddove, il sistema di presa attuale si otturasse e/o comunque non fosse sufficiente, evitando un sollevamento eccessivo del livello nel lago di monte.



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);
 - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
 - Collasso per scorrimento sul piano di posa;
 - Stabilità globale.
- SLU di tipo strutturale (STR);
 - 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 delle opere di sostegno 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)*
 - scorrimento sul piano di posa;
 - collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
 - ribaltamento;
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - 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 cinatismi, 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 GEOLOGICHE E GEOTECHNICHE.

6.1 Caratteristiche Geologiche

A scala generale, l'area oggetto dello studio, ricade all'interno delle litologie formatesi nel Quaternario.

L'Intervento, consultando la Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 ricade all'interno della seguente litologia:

- mo : Morene.

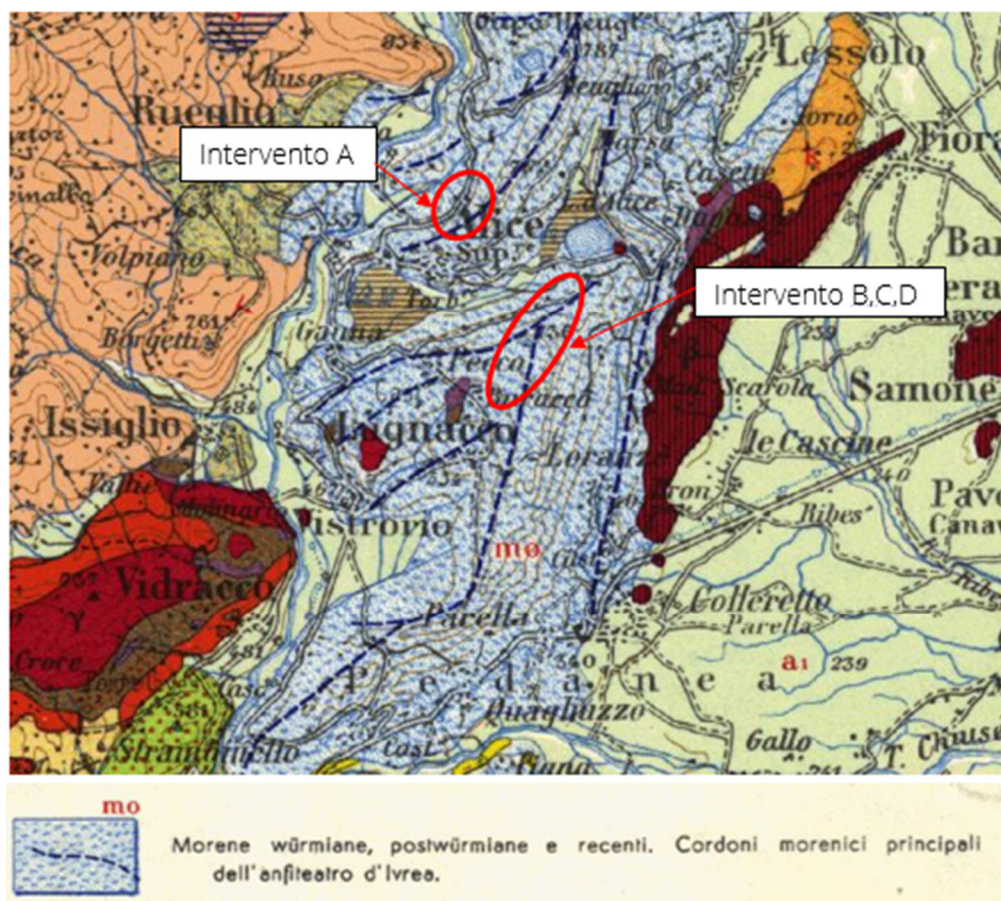


Figura 36 – Estratto della Carta Geologica d'Italia scala 1:100'000 – Foglio 42 – Aree d'intervento in rosso

Il municipio di Alice superiore e il municipio di Lugnacco trovano riscontro nel Foglio 42 Ivrea della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000, e si inseriscono nel contesto dei depositi glaciali che originano il medio-alto settore laterale destro dell'Anfiteatro morenico di Ivrea.

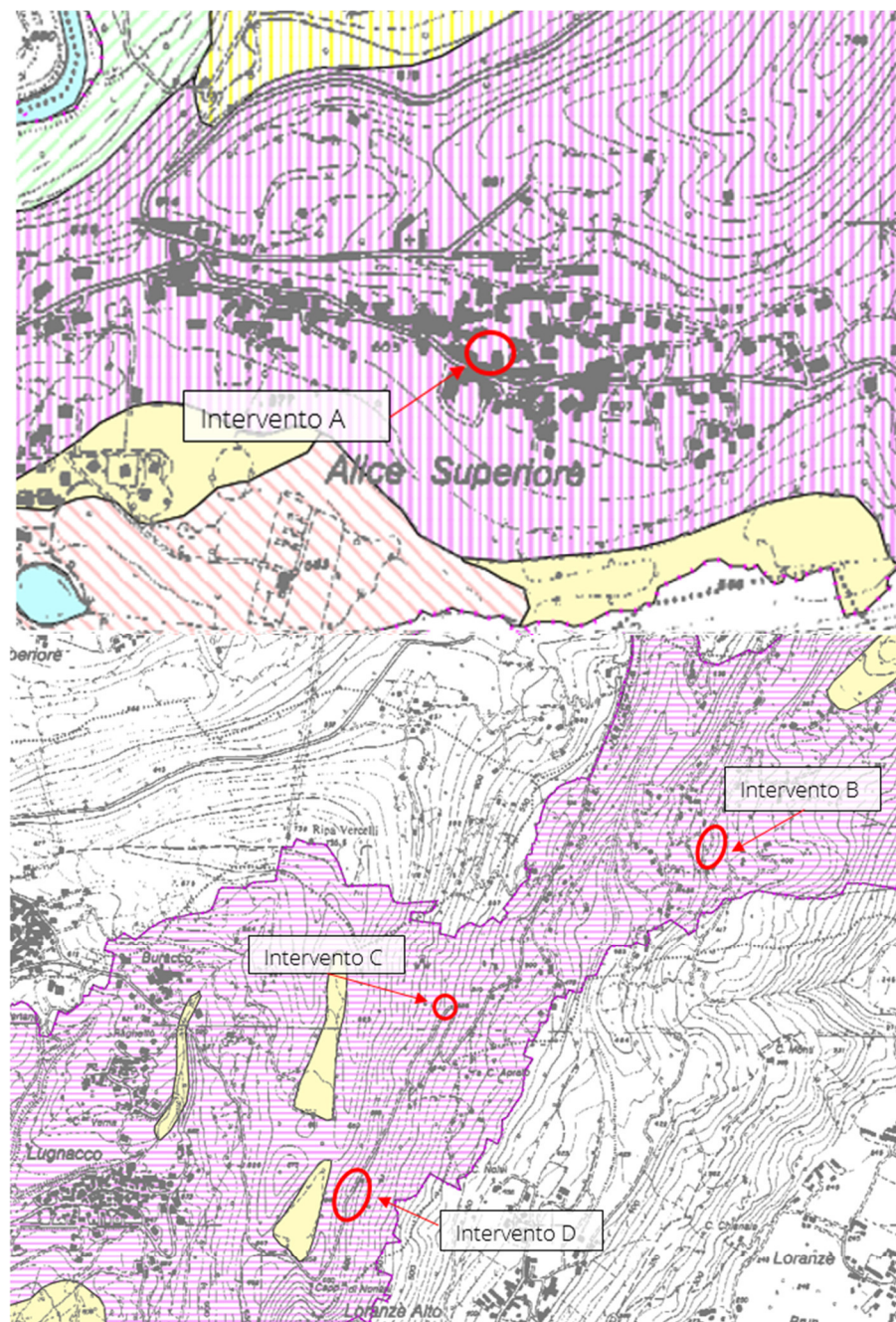
Come riportato nella relazione geologica messa a disposizione dal municipio di Lugnacco e di Alice superiore *l'imponente dorsale morenica che si protende da Nord verso Sud a partire da Ripa Vercelli e che evidenzia l'andamento del Cordone principale del ghiacciaio balteo. La presenza di dorsali che si protendono generalmente da ENE verso WSW (direzione legata all'andamento del substrato roccioso sul quale si è impostato l'apparato) e che evidenziano cordoni minori legati al successivo modellamento post glaciale (Concentrico di Lugnacco).*²

Per quanto concerne la genesi dell'ampio settore intramorenico, è possibile affermare che si tratta di un'area completamente rimodellata in seguito all'espansione e successivo ritiro di una lingua glaciale, che si diramava dal ghiacciai o balteo e confluiva verso il ghiacciaio proveniente dall'alta Valchiussella

La maggior parte delle forme rinvenibili sul terreno sono dunque tipiche degli ambienti glaciali e periglaciali: si osservano due distinti cordoni morenici che delimitano un ampio settore depresso, verosimilmente sede di un antico lago glaciale di sbarramento. I settori terrazzati posti alla base degli argini glaciali sono geneticamente legati all'azione erosiva delle acque di fusione dell'antico corpo glaciale e degli scaricatori glaciali alimentati dallo stesso.

Questi terreni si possono identificare nella Carta Litotecnica del Piano regolatore intercomunale, dove l'intervento A nel concentrico di Alice Superiore e gli interventi B, C e D nel territorio dell'ex comune di Lugnacco, si trovano in un settore caratterizzato dalla presenza di *Depositi glaciali costituiti da materiali eterogenei ed eterometrici, con prevalenza di ghiaia poligenica di forma subarrotondata o a spigoli vivi, immersi in matrice limoso-sabbiosa di colore da nocciola a marrone a bruno, con un discreto grado di cementazione fra gli elementi, all'interno dei quali si rinvergono blocchi di dimensioni metriche. In superficie è possibile talora riscontrare la presenza di un suolo o di un paleosuolo di colore tendente al rossobruno. Lungo i pendii a moderata acclività può essere presente una coltre colluviale limosa di potenza da decimetrica a metrica. In questi settori potranno essere adottate fondazioni dirette nastriformi, impostate entro i livelli grossolani con maggiore grado di addensamento. Le condizioni di stabilità risultano da sufficienti a discrete lungo i versanti esterni (con l'innesco di sporadici e ben localizzati fenomeni gravitativi) e da incerte a insufficienti lungo i versanti interni dell'Anfiteatro (con l'innesco di processi puntuali).*

² Relazione geologico tecnica – Municipio di Lugnacco – municipio di Alice Superiore. Verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica a supporto dello strumento urbanistico, Settembre 2018



Depositi costituiti da materiali eterogenei ed eterometrici, con prevalenza di ghiaia poligenica di forma subarrotondata o a spigoli vivi, immersi in matrice limoso-sabbiosa di colore da nocciola a marrone a bruno, con un discreto grado di cementazione fra gli elementi. Nel deposito sono presenti blocchi di dimensioni metriche. In superficie è possibile talora riscontrare la presenza di un suolo o di un paleosuolo di colore tendente al rosso-bruno. Lungo i pendii a moderata acclività può essere presente una coltre colluviale limosa di potenza da decimetrica a metrica. In questi settori potranno essere adottate fondazioni dirette nastriformi, impostate entro i livelli grossolani con maggiore grado di addensamento. Le condizioni di stabilità risultano da sufficienti a discrete lungo i versanti esterni (con l'innescio di sporadici e ben localizzati fenomeni gravitativi) e da incerte a insufficienti lungo i versanti interni dell'Anfiteatro (con l'innescio di evidenti ed estesi processi).

Figura 37: Piano regolatore intercomunale – Alice Superiore – Lugnacco- Carta Litotecnica

A seguito dei sopralluoghi effettuati e dall'analisi della documentazione fotografica si evidenzia che le aree oggetto di studio sono caratterizzati dalla presenza di depositi glaciali costituiti da materiali eterogenei ed eterometrici, con prevalenza di ghiaia in matrice limo – sabbiosa, con un discreto grado di cementazione, producendo pendenze elevate.



Figura 38 – Documentazione fotografica dell'area di intervento B



Figura 39 – Documentazione fotografica dell'area di intervento C



Figura 40 – Documentazione fotografica dell'area di intervento D

Nella presente la descrizione delle caratteristiche generali dell'assetto geologico e strutturale generale del territorio del comune di Val di Chy è tralasciata.

6.2 Geomorfologia

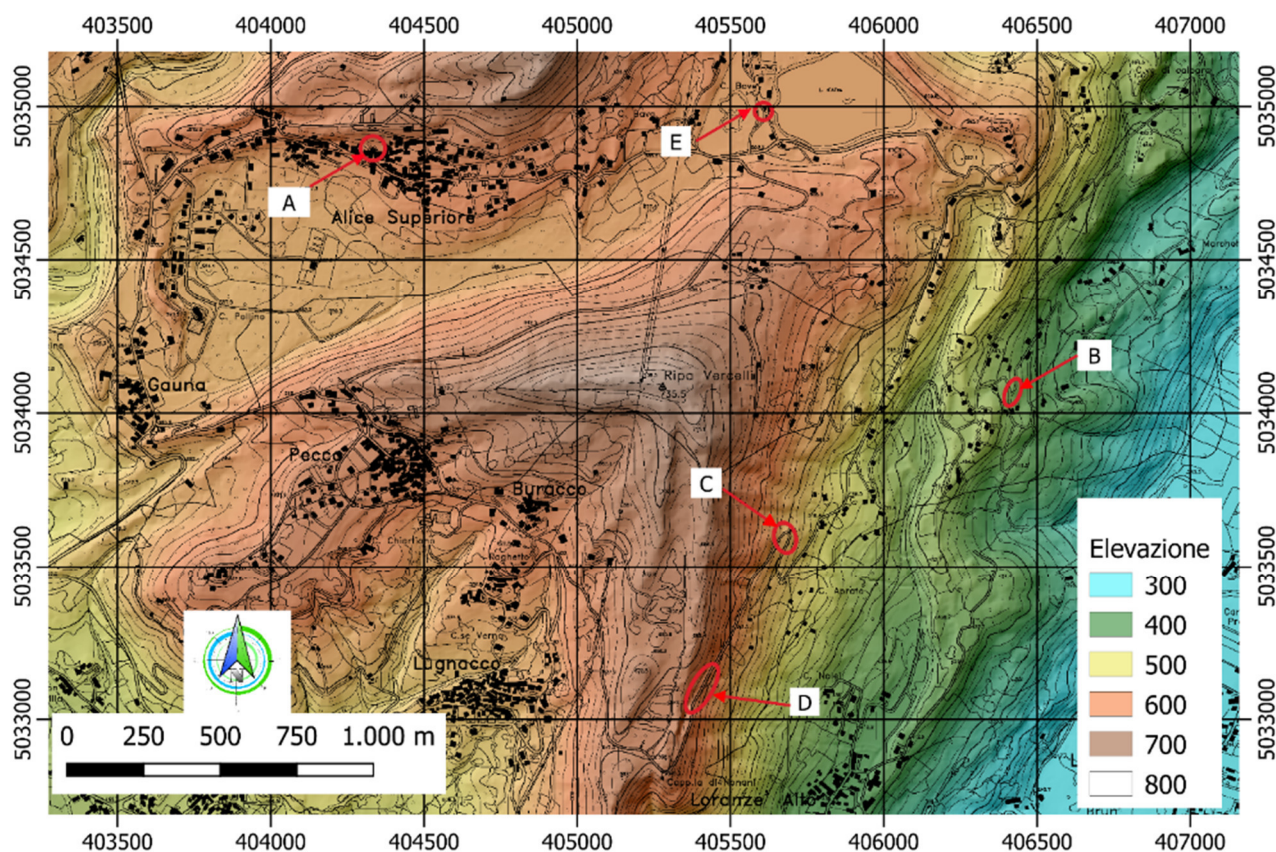
Gli interventi in progetto sono localizzati in un settore caratterizzato dalla presenza di depositi di origine morenica.

Nel area del intervento A, la relazione geologica del PRGC per Alice superiore riporta che, *La maggior parte delle forme rinvenibili sul terreno sono dunque tipiche degli ambienti glaciali e periglaciali: si osservano due distinti cordoni morenici che delimitano un ampio settore depresso, verosimilmente sede di un antico lago glaciale di sbarramento. I settori terrazzati posti alla base degli argini glaciali sono geneticamente legati all'azione erosiva delle acque di fusione dell'antico corpo glaciale e degli scaricatori glaciali alimentati dallo stesso.* Queste morfologie sono ben visibili nella carta altimetrica e in quella delle pendenze dove a sud del intervento A, si trova un settore di altitudine costante e bassa pendenza, delimitato da due cordoni morenici.

Come riportato nella relazione geologica, nel settore B, C e D, *il Rio Valassa che scolma attualmente le acque del lago di Alice, il quale un tempo era verosimilmente collegato al settore della torbiera mediante un altro canale di deflusso: evidente è infatti la traccia dello scaricatore originario a partire dalla depressione a monte del lago, che prosegue verso WSW sino ad immettersi nel bacino inferiore nei pressi di Gauna. In seguito ad eventi naturali che hanno*



occluso tale possibilità di scolmo, le acque eccedenti la capacità di invaso fuoriescono al vertice SE dello specchio lacustre e hanno inciso il versante morenico con un'anomala direzione NNE-SSW, producendo un profondo avvallamento che giunge fino all'abitato di Loranze' Alto.



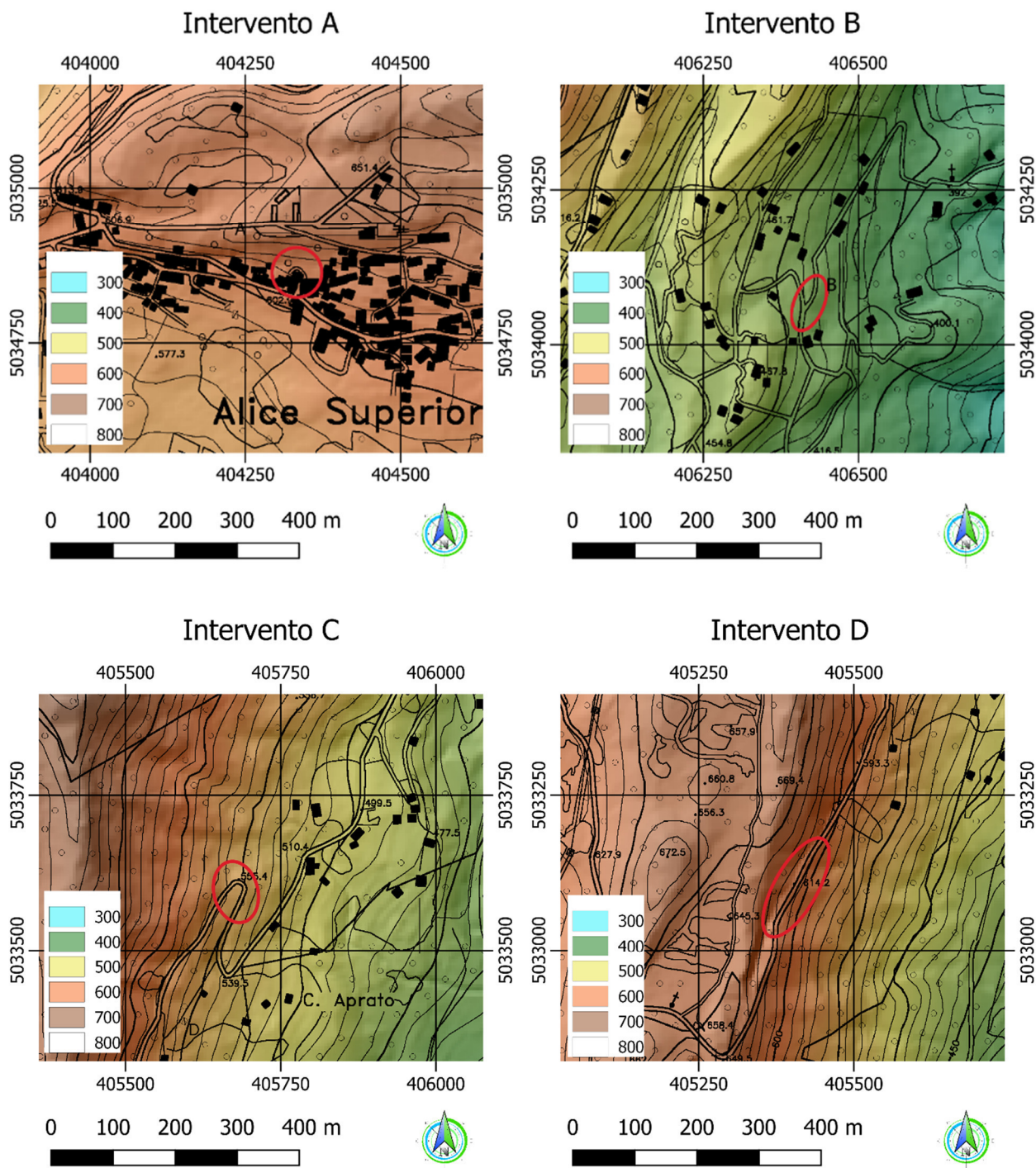


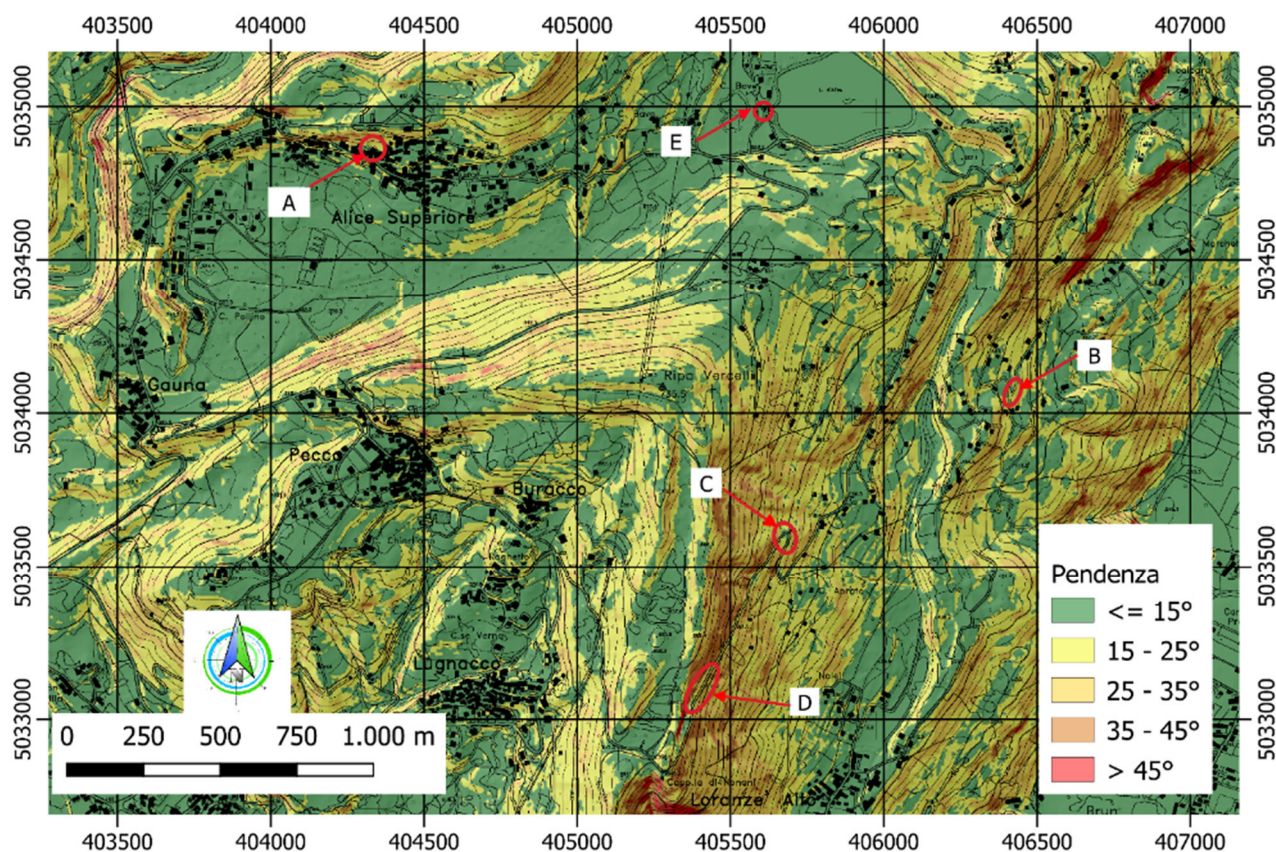
Figura 41: Carta altimetrica

La carta delle pendenze mette in evidenza come i settori studiati presentano un'acclività elevata dei versanti. Nella area di intervento A il settore presenta una pendenza tra 15°-35°.

La pendenza nell'intervento B varia tra 0°-25° evidenziando una pendenza superiore nella scarpata di valle.



Mentre gli interventi C e D presentano zone con pendenze più elevate fino a 45° , in congruenza con il discreto grado di cementazione presente nei depositi glaciali e osservato nei sopraluoghi.



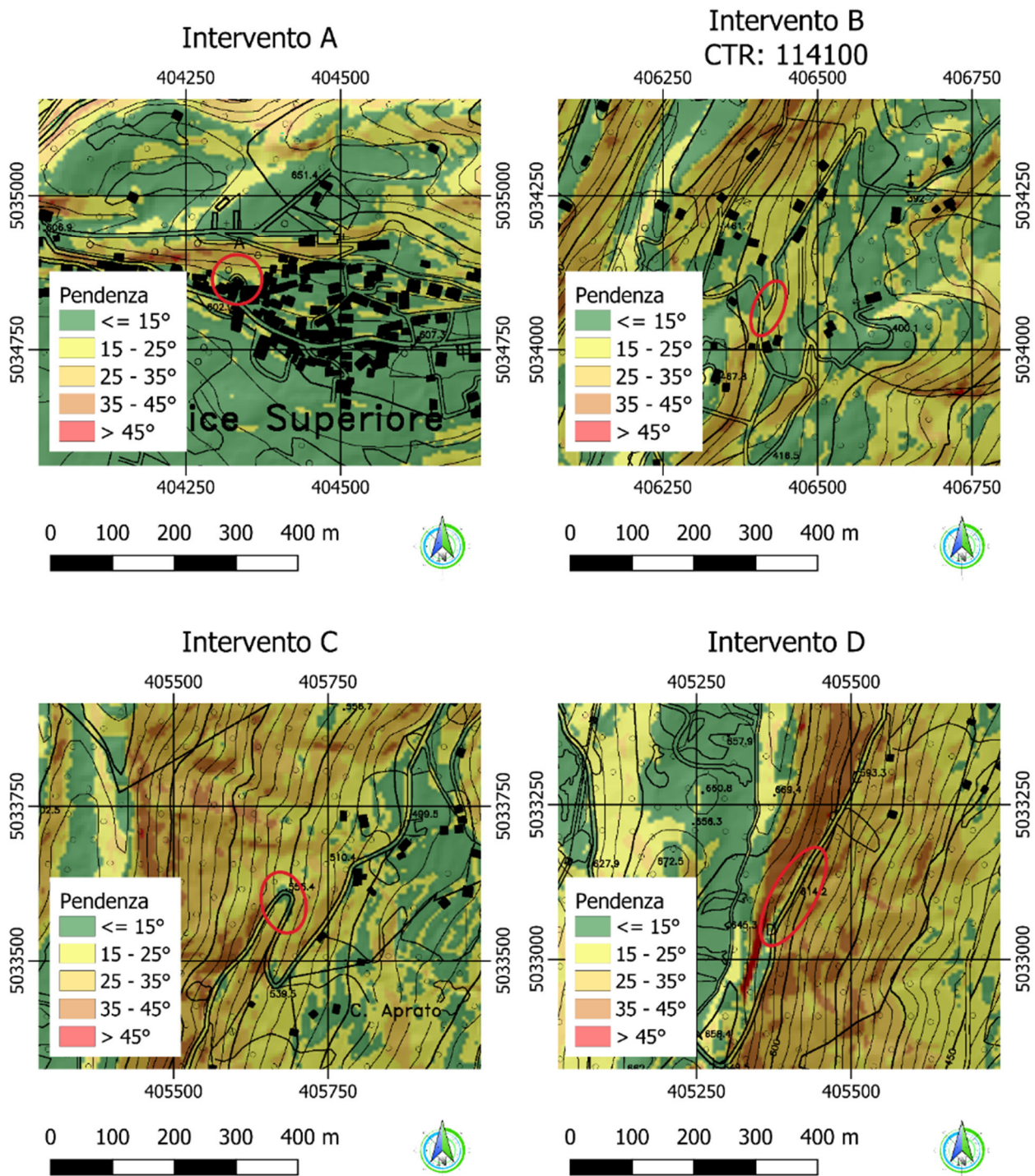


Figura 42: Carta delle pendenze



6.3 Caratteristiche Geotecniche.

Sulla base dell'analisi dei dati di bibliografia, delle conoscenze pregresse su Depositi glaciali 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 [kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [kg/m ³]	Angolo d'Attrito [°]	Coesione [kPa]
Depositi Glaciali	1900	2000	32	10
Riempimento	1900	2000	30	0

Tabella 2 – Parametri geotecnici

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.

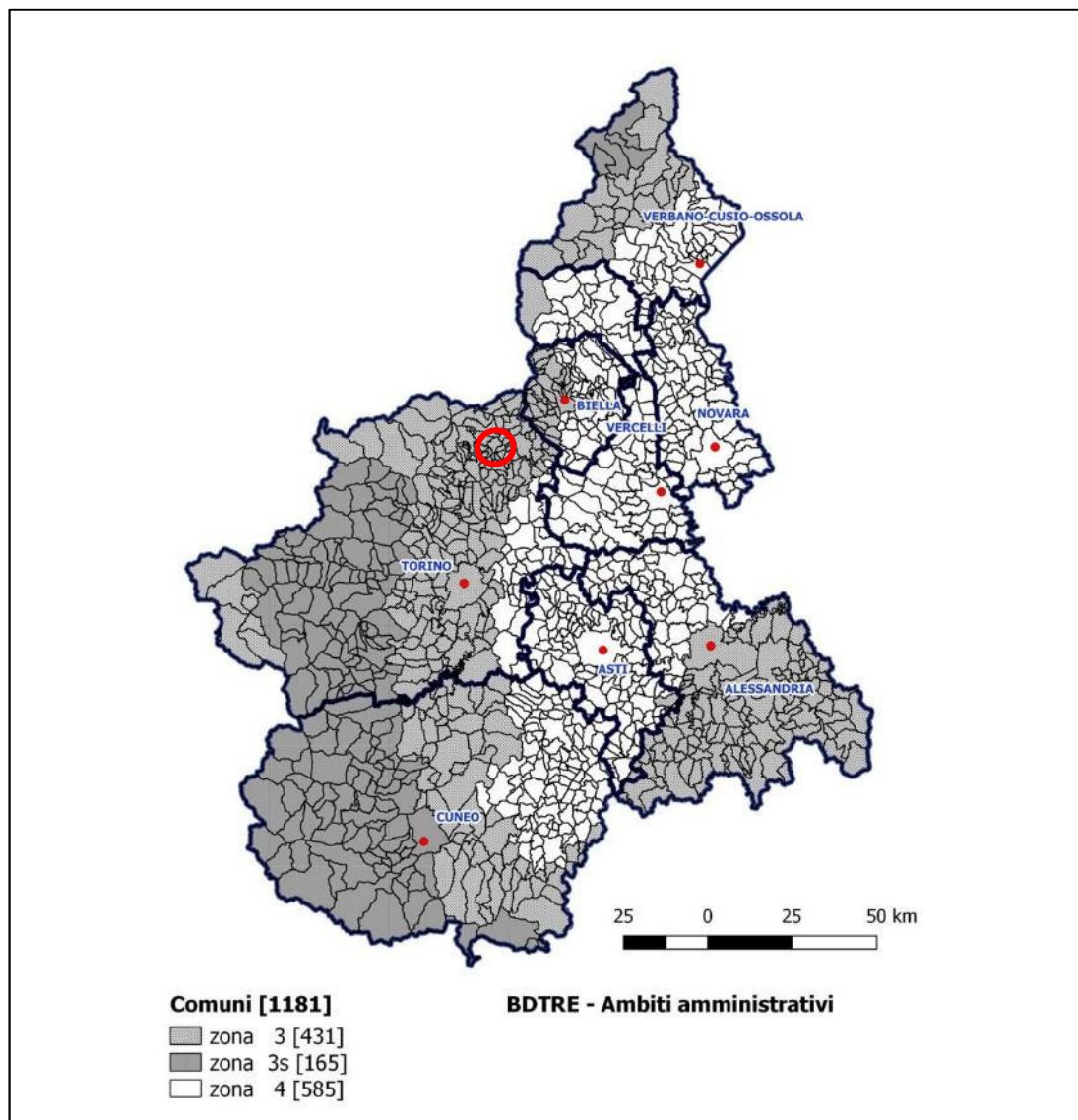


Figura 43 - Mappatura delle aree sismiche in Piemonte.

Il Comune di Val di Chy (TO) rientra tra le aree classificate in Zona 3: Zona con pericolosità sismica bassa.

Regione			PIEMONTE
Provincia			TORINO
Comune			Val di chy
Coordinate Geografiche del cantiere	Intervento A	Latitudine	45°27'38.677" N
		Longitudine	7°46'33.60" E
	Intervento B	Latitudine	45°27'13.89" N
		Longitudine	7°48'11.47" E
	Intervento C	Latitudine	45°26'58.23" N
		Longitudine	7°47'37.61" E
	Intervento D	Latitudine	45°26'42.13" N
		Longitudine	7°47'25.46" E
Intervento E	Latitudine	45°27'43.19" N	
	Longitudine	7°47'33.39" E	
Altitudine	Intervento A		615 m s.l.m.
	Intervento B		440 m.s.l.m
	Intervento C		560 m.s.l.m
	Intervento D		630 m.s.l.m
	Intervento E		580 m.s.l.m
Zona sismica			ZONA 3
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 3 – 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:



- Municipio di Alice superiore (intervento A)

	T_R [anni]	a_g [m/s ²]	F_0 [-]	T_c [s]
SLO	30	0.192	2.599	0.162
SLD	50	0.237	2.592	0.191
SLV	475	0.453	2.700	0.281
SLC	975	0.535	2.765	0.297

Tabella 4 - Parametri sismici di progettazione – Alice superiore

- Municipio di Lugnacco (intervento B, C, D)

	T_R [anni]	a_g [m/s ²]	F_0 [-]	T_c [s]
SLO	30	0.190	2.599	0.162
SLD	50	0.234	2.591	0.191
SLV	475	0.448	2.690	0.280
SLC	975	0.529	2.756	0.296

Tabella 5 - Parametri sismici di progettazione – Lugnacco

7.1 Analisi delle condizioni di stabilità dei pendii

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche, come anche il comportamento dei fronti di scavo, può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile che si manifestano nei terreni a grana fine sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile.

Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot S_T \cdot S_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

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_s , funzione dell'accelerazione massima e del tipo di sottosuolo, che varia nel caso in cui si faccia riferimento ad un pendio naturale o ad un fronte di scavo.

Nel caso dell'analisi di stabilità di un fronte di scavo coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito assume i seguenti valori:

- $\beta_s = 0.38$ nella verifiche dello stato limite ultimo (SLV)
- $\beta_s = 0.47$ nella verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

7.2 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:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

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

Il valore del coefficiente di amplificazione topografico S_T e il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s sono uguali a quelli appena riportati per l'analisi di stabilità dei pendii.

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 delle opere di sostegno.

- Intervento A

Calcolo Bm secondo Circolare 21/01/2019 n° 7 C.S.LL.PP. (par C7.11.6.2)				
AgCrit = 0,645 [m/s^2]		Amax = 0,979 [m/s^2]		$\beta_{m,critico} = 0,659$
	Verifica SLV	Bm	Kh [%]	Kv [%]
◆	Scorrimento	0,380	3,792	1,896
	Carico limite, stabilità globale e verifiche strutturali	0,659	6,576	3,288
	Ribaltamento	0,988	9,864	4,932

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

- Intervento B



Calcolo Bm secondo Circolare 21/01/2019 n° 7 C.S.LL.PP. (par C7.11.6.2)				
AgCrit = 2,731 [m/s ²] Amax = 0,967 [m/s ²] $\beta_{m,critico} = 2,823$				
	Verifica SLV	Bm	Kh [%]	Kv [%]
◆	Scorrimento	0,380	3,747	1,873
	Carico limite, stabilità globale e verifiche strutturali	1,000	9,859	4,930
	Ribaltamento	1,000	9,859	4,930

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

8 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

8.1 Massi di cava posati a secco

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 11 – Parametri pietrame

8.2 Calcestruzzo armato

Classe di esposizione.

Le diverse superfici di calcestruzzo di un dato componente strutturale possono essere soggette a diverse azioni ambientali, classificate dalla norma UNI EN 206:2016 come **classi di esposizione**. Le classi di esposizione da scegliere dipendono dalle disposizioni valide nel luogo d'impiego del calcestruzzo, e tale classificazione non esclude considerazioni in merito a condizioni speciali che possano esistere nel luogo di impiego del calcestruzzo o di misure protettive come l'uso di acciaio inossidabile o altri metalli resistenti alla corrosione e l'uso di rivestimenti protettivi per il calcestruzzo o per l'armatura. Le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, al paragrafo 4.1.2.2.4.2, stabiliscono che le condizioni ambientali possano essere suddivise, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, in condizioni ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella seguente tabella. La suddivisione fa riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 12 - Condizioni ambientali – Tab. 4.1.III D.M. 17/01/2018

La seguente tabella mostra le diverse classi di esposizione ambientale tra le quali si è scelta la classe di esposizione per le opere in calcestruzzo armato oggetto di dimensionamento e progettazione.



Classi di esposizione

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Per calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa

2 Corrosione indotta da carbonatazione		
Nel caso in cui il calcestruzzo contenente armature o inserti metallici sia esposto all'aria e all'umidità, l'esposizione sarà classificata nel modo seguente:		
<p>Nota Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.</p>		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa Calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo Molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con acqua contenente cloruri, inclusi i sali antigelo, con origine diversa dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue:		
Nota In riferimento alle condizioni di umidità vedere anche sezione 2 del presente prospetto.		
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni Pavimentazioni di parcheggi
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con cloruri presenti nell'acqua di mare oppure con aria che trasporta sali derivanti dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde oppure alla marea	Parti di strutture marine



5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza sali disgelanti		
Qualora il calcestruzzo bagnato sia esposto ad un attacco significativo dovuto a cicli di gelo/disgelo, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza agente antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo
6 Attacco chimico		
Qualora il calcestruzzo sia esposto all'attacco chimico che si verifica nel terreno naturale e nell'acqua del terreno avente caratteristiche definite nel prospetto 2, l'esposizione verrà classificata come è indicato di seguito. La classificazione dell'acqua di mare dipende dalla località geografica; perciò si dovrà applicare la classificazione valida nel luogo di impiego del calcestruzzo.		
Nota Può essere necessario uno studio speciale per stabilire le condizioni di esposizione da applicare quando si è: <ul style="list-style-type: none"> - al di fuori dei limiti del prospetto 2; - in presenza di altri aggressivi chimici; - in presenza di terreni o acque inquinati da sostanze chimiche; - in presenza della combinazione di elevata velocità dell'acqua e delle sostanze chimiche del prospetto 2. 		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2	
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2	
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2	

Tabella 13 – Classi di esposizione

Per le opere in calcestruzzo armato in progetto si prevede una classe di esposizione pari a XC2.

Classe di consistenza.

La classe di consistenza è una proprietà del calcestruzzo allo stato fresco che influenza fortemente le proprietà del calcestruzzo indurito, e la si misura facilmente in cantiere con il cono di Abrams. La classe di consistenza è da considerarsi come un indice della lavorabilità del calcestruzzo, cioè la caratteristica che consente di confezionare, trasportare, gettare e compattare il materiale con una certa facilità. Si riportano nella seguente tabella i valori delle classi di abbassamento in funzione del relativo abbassamento al cono di Abrams. Il calcestruzzo scelto per la realizzazione delle opere in progetto ha una classe di consistenza S4.

Classi di abbassamento al cono (slump)

Classe	Abbassamento al cono
S1	da 10 a 40
S2	da 50 a 90
S3	da 100 a 150
S4	da 160 a 210
S5 ¹⁾	≥220

Tabella 14 - Classi di abbassamento al cono (slump)

Classe di contenuto in cloruri.

I cloruri presenti nella massa cementizia sono una delle cause più importanti del degrado delle armature d'acciaio. Questi possono penetrare dall'esterno, se presenti in massicce quantità sulla superficie dell'elemento strutturale in calcestruzzo armato, ma possono essere veicolati anche dalle materie componenti il calcestruzzo. Ad esempio, alcuni additivi acceleranti possono contenere una certa quantità di cloruri. Il contenuto di cloruri nel calcestruzzo non deve eccedere il valore indicato della classe selezionata del prospetto seguente (par. 5.2.8 UNI EN 206:2016).

Contenuto massimo di cloruri nel calcestruzzo

Impiego del calcestruzzo	Classe di contenuto in cloruri ^{a)}	Massimo contenuto di Cl ⁻ rispetto alla massa del cemento ^{b)}
In assenza di armatura di acciaio o di altri inserti metallici (ad eccezione dei dispositivi di sollevamento resistenti alla corrosione)	Cl 1,0	1,0%
In presenza di armatura d'acciaio o di altri inserti metallici	Cl 0,20	0,20%
	Cl 0,40	0,40%
In presenza di armatura d'acciaio da precompressione	Cl 0,10	0,10%
	Cl 0,20	0,20%
a) La classe da applicare per uno specifico utilizzo del calcestruzzo dipende da disposizioni valide nel luogo d'impiego del calcestruzzo.		
b) Qualora siano impiegate aggiunte di tipo II e siano considerate nel computo del dosaggio di cemento, il contenuto in cloruri viene espresso come percentuale di ioni cloruro in massa rispetto al cemento + la massa totale delle aggiunte considerate.		

Tabella 15 - Contenuto massimo di cloruri nel calcestruzzo

Determinazione del copriferro.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 al paragrafo 4.1.6.1.3 prescrivono che *“al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento del calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature”*.

A tal fine si può fare riferimento alla UNI EN 1992 -1-1 per dimensionare correttamente i copriferri.

Il valore nominale del copriferro è calcolato secondo l'espressione:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Dove:

- $c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm\}$;

In cui:

- $\Delta c_{dur,\gamma} = \Delta c_{dur,st} = \Delta c_{dur,add} = 0$;



- $c_{min,b}$ è il copriferro minimo necessario per l'aderenza delle armature. Per armature ordinarie $c_{min,b}$ è pari al diametro della barra, nel caso di barre singole, ed al diametro equivalente, nel caso di barre raggruppate;
- $c_{min,dur}$ è il copriferro minimo correlato alle condizioni ambientali e si ricava dai prospetti seguenti in funzione della classe di esposizione, ricordando che la classe strutturale per un periodo di vita nominale presunta della struttura pari a 50 anni è la classe strutturale S4 (vedi prospetti seguenti);
- Δc_{dev} è la tolleranza ed è compresa tra 0 e 10 mm.

A titolo cautelativo nei calcoli si è adottato un valore di copriferro nominale pari a 30 mm.

prospetto 4.4N Valori del copriferro minimo, $c_{min,dur}$, requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da armatura ordinaria, in accordo alla EN 10080							
Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

prospetto 4.5N Valori del copriferro minimo, $c_{min,dur}$, requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da precompressione							
Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	15	20	25	30	35	40
S2	10	15	25	30	35	40	45
S3	10	20	30	35	40	45	50
S4	10	25	35	40	45	50	55
S5	15	30	40	45	50	55	60
S6	20	35	45	50	55	60	65

Tabella 16 - Valori del copriferro per la durabilità del calcestruzzo secondo Eurocodice 2

Leggi costitutive dei materiali per calcestruzzo armato.

Con riferimento ai paragrafi 4.1.2.1.2.1 e 4.1.2.1.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, per il calcestruzzo si è considerata la legge costitutiva $\sigma - \varepsilon$ di tipo parabola - rettangolo mentre per l'acciaio d'armatura il modello $\sigma - \varepsilon$ di tipo elastico - perfettamente plastico.

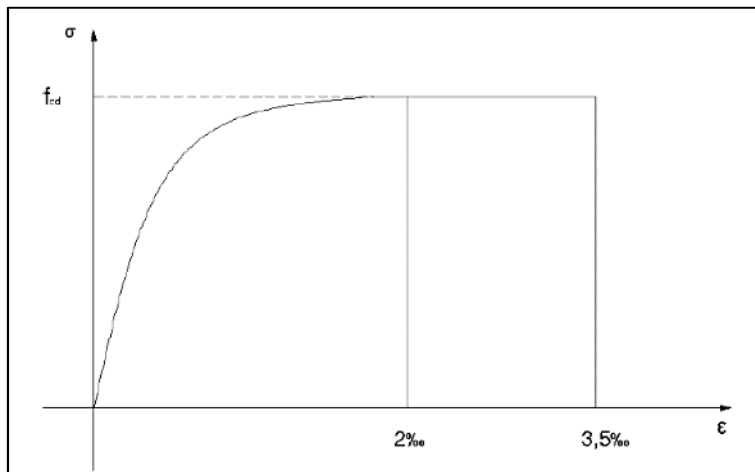


Figura 44 - Diagramma di calcolo parabola – rettangolo per il calcestruzzo compresso

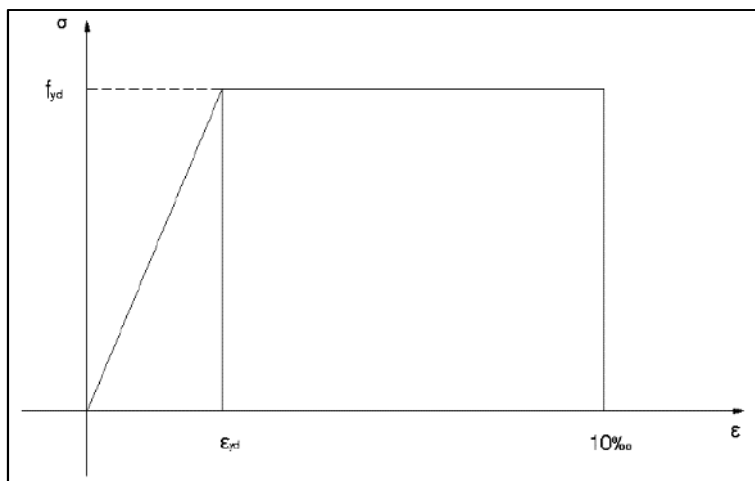


Figura 45 - Diagramma di calcolo elastico – perfettamente plastico per l'acciaio delle barre di armatura

Stato limite di fessurazione.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni, al par. 4.1.2.2.4.4, suddividono in due gruppi le armature:

- Armature sensibili;
- Armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompressione, mentre appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari. Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili si può tenere conto della loro minor sensibilità alla corrosione.

Sono ora indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alla tab. 4.1.IV D.M. 17/01/2018.



Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Tabella 17 - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Il paragrafo 4.1.2.2.4 delle NTC 2018 individua i seguenti valori di w_1 , w_2 e w_3 .

w_1	0,2 mm
w_2	0,3 mm
w_3	0,4 mm

Tabella 18 - Valori limite di apertura delle fessure

Le seguenti tabelle riepilogative riassumono le prescrizioni relative al calcestruzzo armato utilizzato per il dimensionamento delle opere strutturali con riferimento alle condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione.

Calcestruzzo		
Condizioni ambientali	Tab. 4.1.III D.M. 17/01/2018	ORDINARIE
Classi di esposizione		XC2
Classe di consistenza		S4
Rapporto acqua / cemento massimo A/C max		0,60
Dimensione nominale degli aggregati massima D max		32 mm
Acciaio		
Acciai da precompressione presenti		NO
Acciai ordinari presenti		SI'
Acciai zincati presenti		NO
Acciai inossidabili presenti		NO

Tabella 19 – Materiali

Calcestruzzo C28/35

Tipo di calcestruzzo		C28/35
Rck calcestruzzo	(MPa)	35
Modulo elastico	(MPa)	32588
Resistenza caratteristica cilindrica (F_{ck})	(MPa)	28
Resistenza caratteristica a trazione (F_{ctk})	(MPa)	2.0
Resistenza media (F_{cm})	(MPa)	37.1
Resistenza media a trazione (F_{ctm})	(MPa)	2.8

Tabella 20 - Caratteristiche calcestruzzo C28/35

Acciaio B450C

Tipo di acciaio		B450C
Modulo elastico	(MPa)	206000
Tensione caratteristica di snervamento (Fyk)	(MPa)	450
Tensione media di snervamento (Fym)	(MPa)	450

Tabella 21 - Caratteristiche acciaio B450C



9 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	Favolevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Sfavolevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.30	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favolevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	Sfavolevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.30	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favolevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sfavolevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favolevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sfavolevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.50	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Tabella 22– 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 23 – 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 24 – 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 INTERVENTO A

10.1 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.

10.1.1 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 del calcestruzzo armato pari a 2500 kg/m³.

10.1.2 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.

10.1.3 Carichi variabili

Sui tratti a valle si considera nelle verifiche un carico variabile corrispondente al rivestimento in pietrame di 4500 kg.

10.2 Descrizione combinazioni di carico della scogliera

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

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

10.3 Modello di calcolo e risultati delle verifiche

Considerando che la geometria del muro in c.a. è costante in tutto lo sviluppo, si considera per le verifiche la sezione più critica identificata come 1-1'. Le verifiche sono state eseguite con il software di calcolo MAX 16.0. A seguire si riportano i risultati ottenuti.

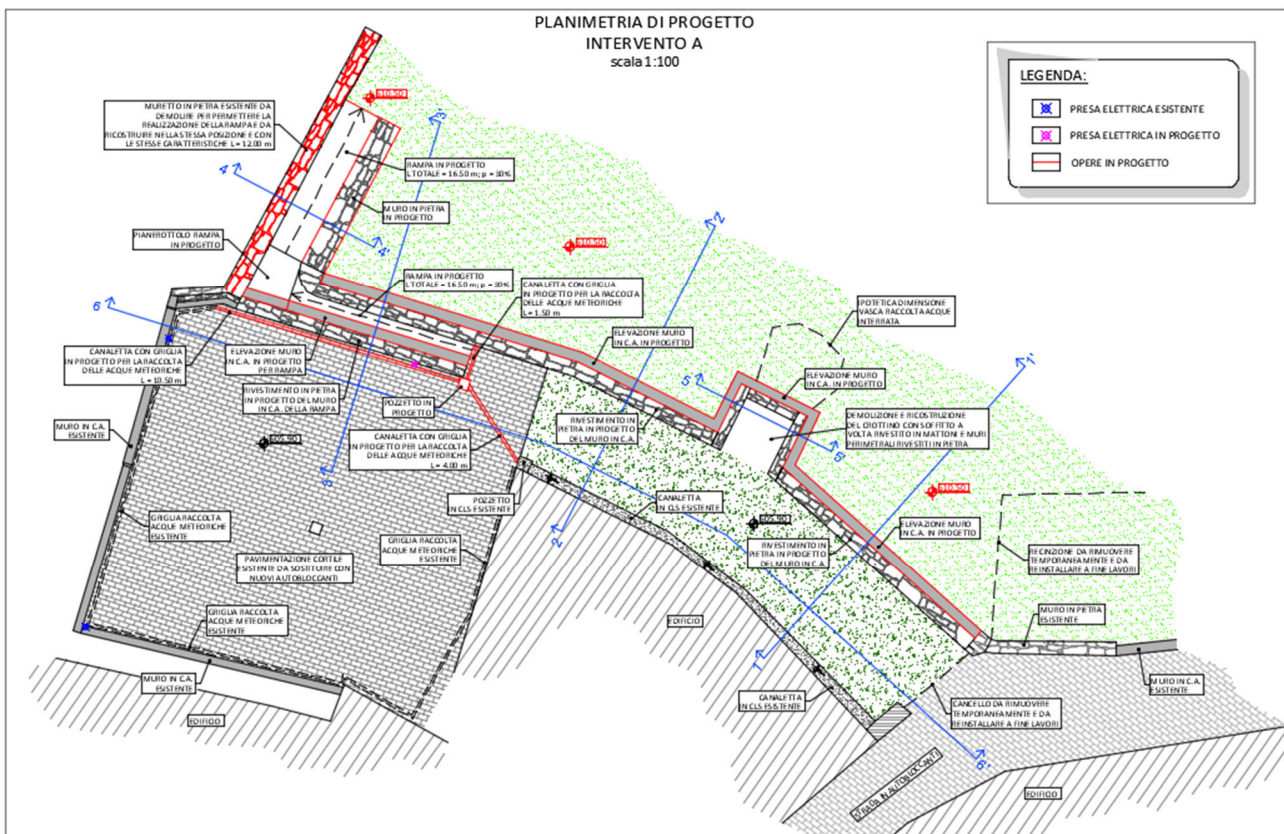


Figura 46 – Estratto Tav.04A_Planimetria_progetto.

10.3.1 Geometria di modellazione

Il muro in c.a. ha una sezione costante: paramento di altezza 4.50 m e larghezza 0.40 m; fondazione di larghezza 3.40 m con mensola di valle di 2.00 e mensola di monte di 1.10 m e spessore 0.50 m.

Per la modellazione del rivestimento in pietra si è imposto un carico puntuale pari a 4500 kg.

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.

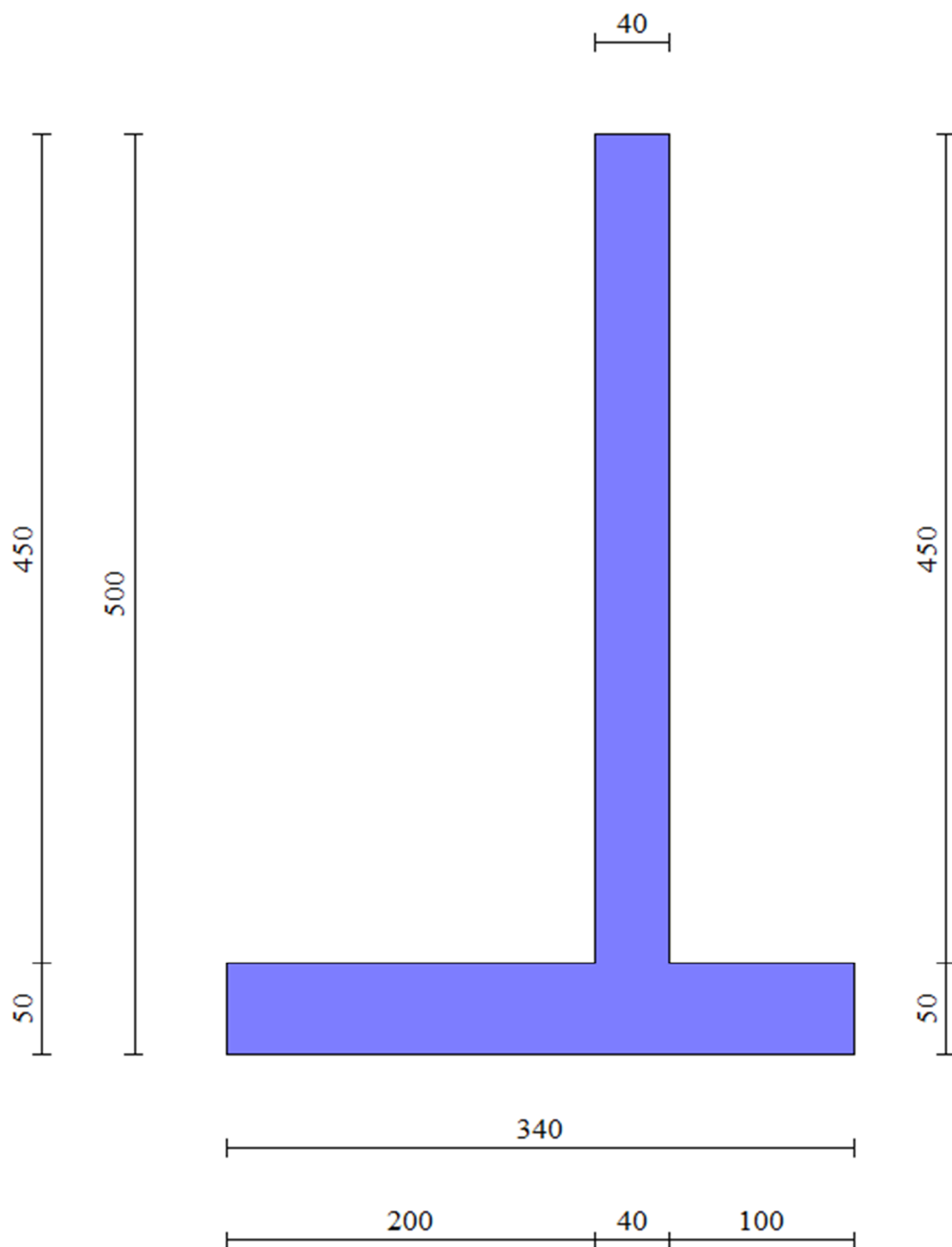


Figura 47 – Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Sezione di verifica

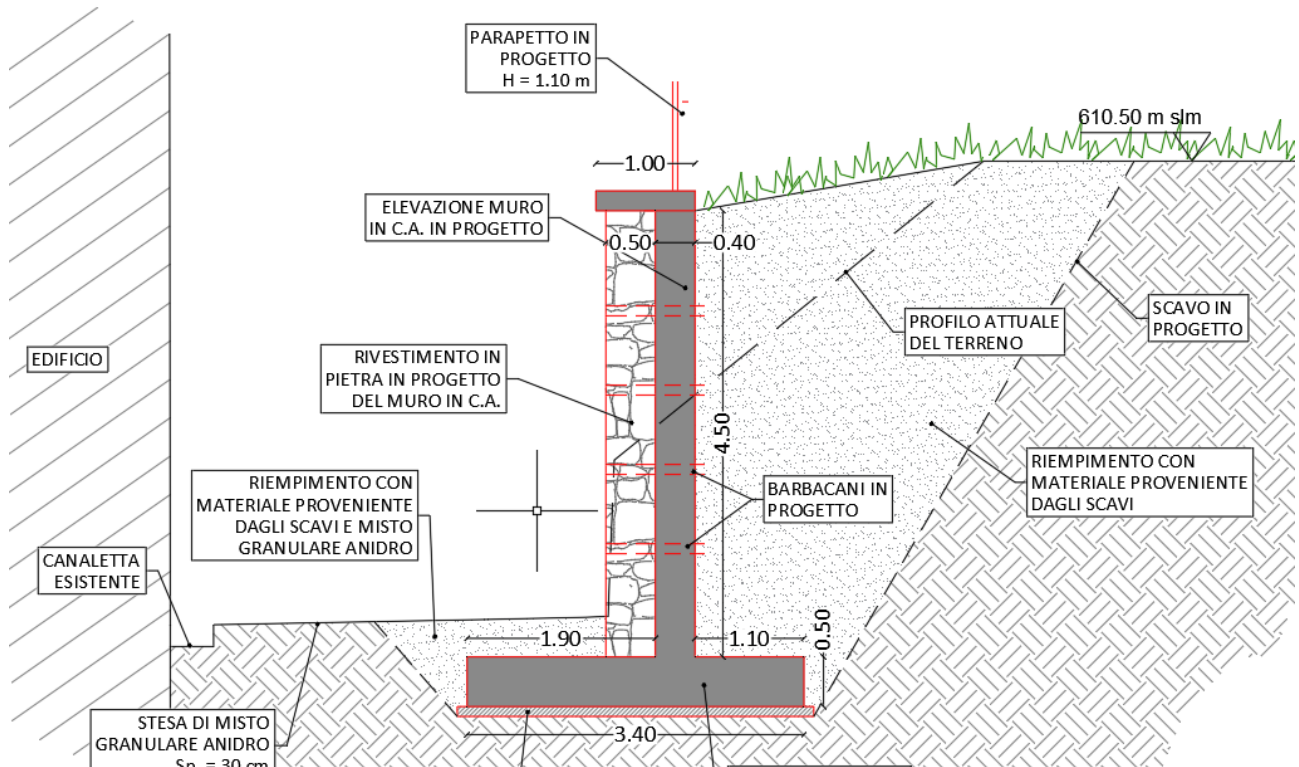


Figura 48 – Estratto della Tav.05.A_Sezioni_prog_particolari

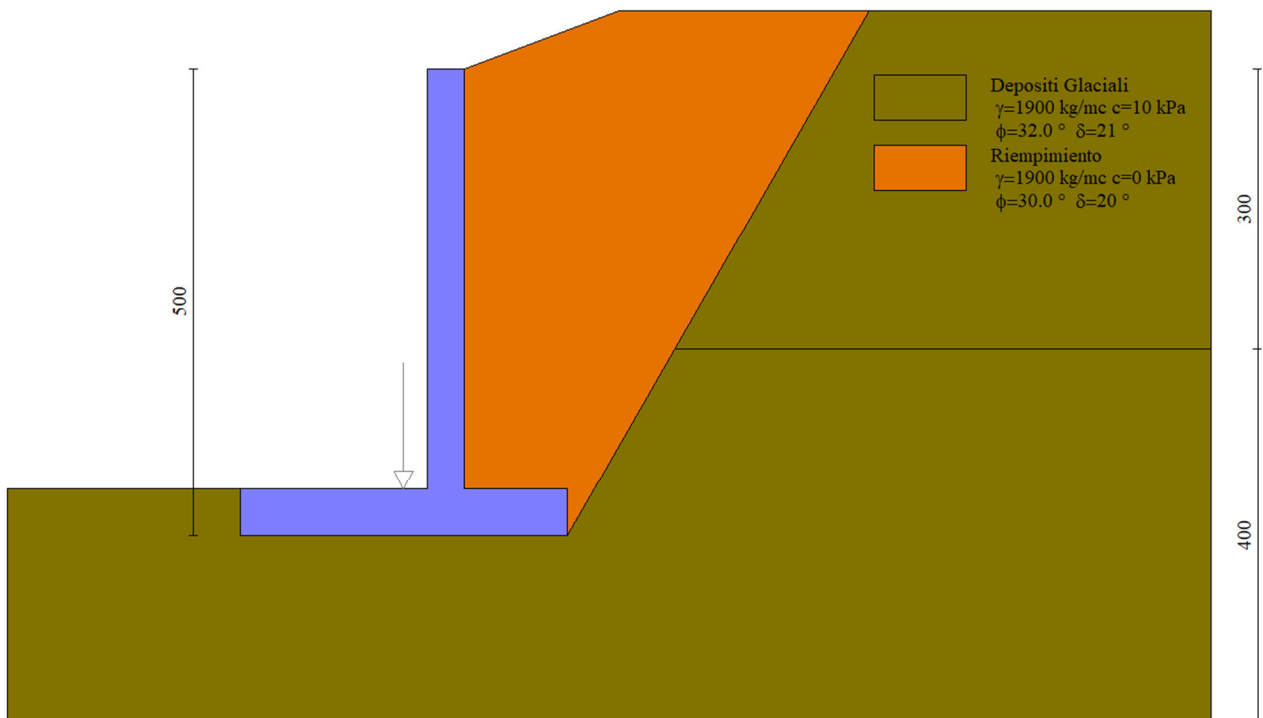


Figura 49 - Estratto dal software di calcolo MAX 16.0



10.3.2 Sollecitazioni agenti

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

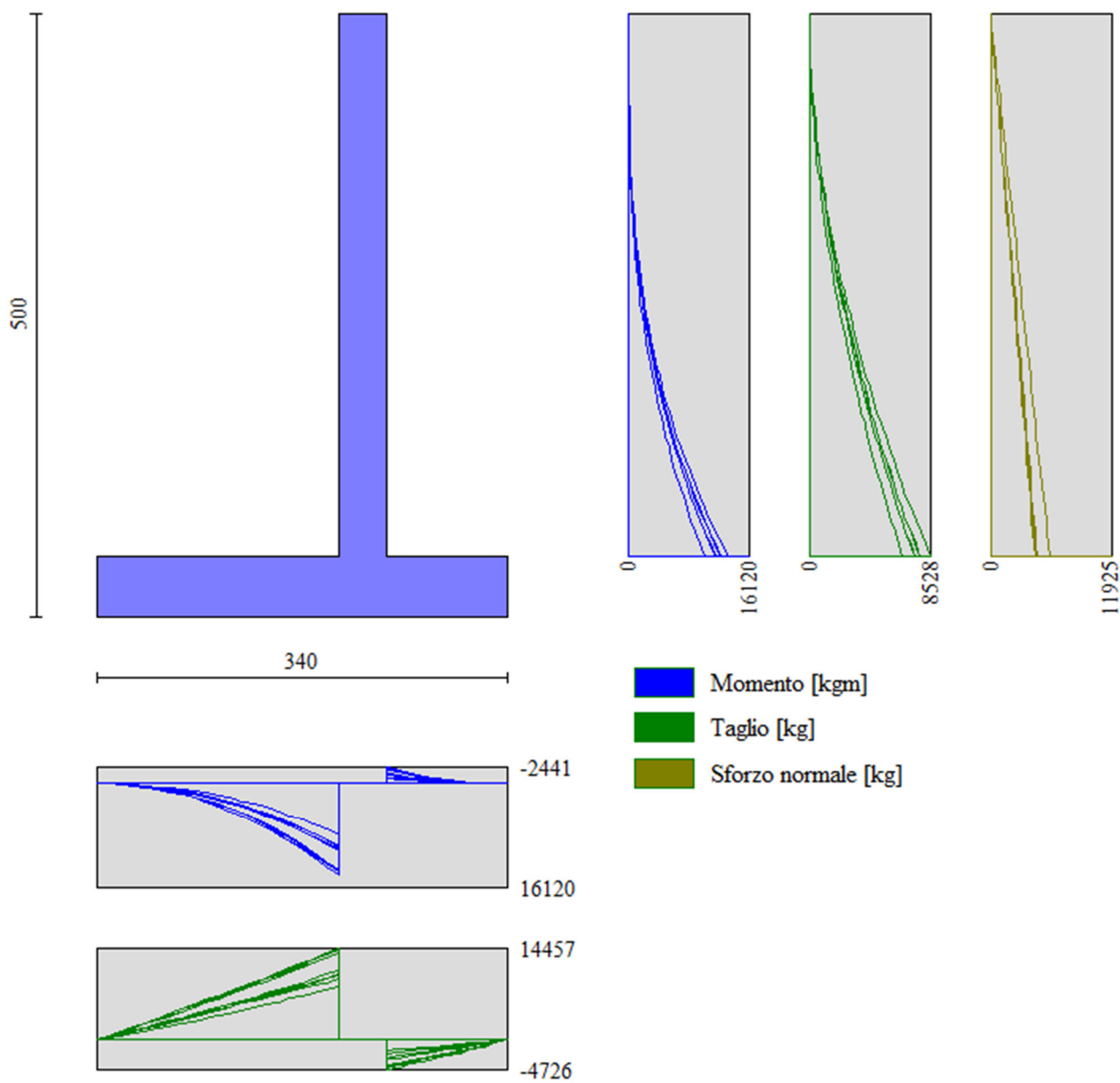


Figura 50 – Involuppo delle sollecitazioni agenti

10.3.3 Risultati delle verifiche geotecniche

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	2.51 (12)
Verifica allo scorrimento	1.05 (18)
Verifica al carico limite	4.40 (4)
Verifica alla stabilità globale	1.70 (7)

Tabella 25 - Risultati delle verifiche geotecniche

I valori minimi dei fattori di sicurezza risultano maggiori di quelli consigliati da normativa per muri di sostegno (NTC 2018).

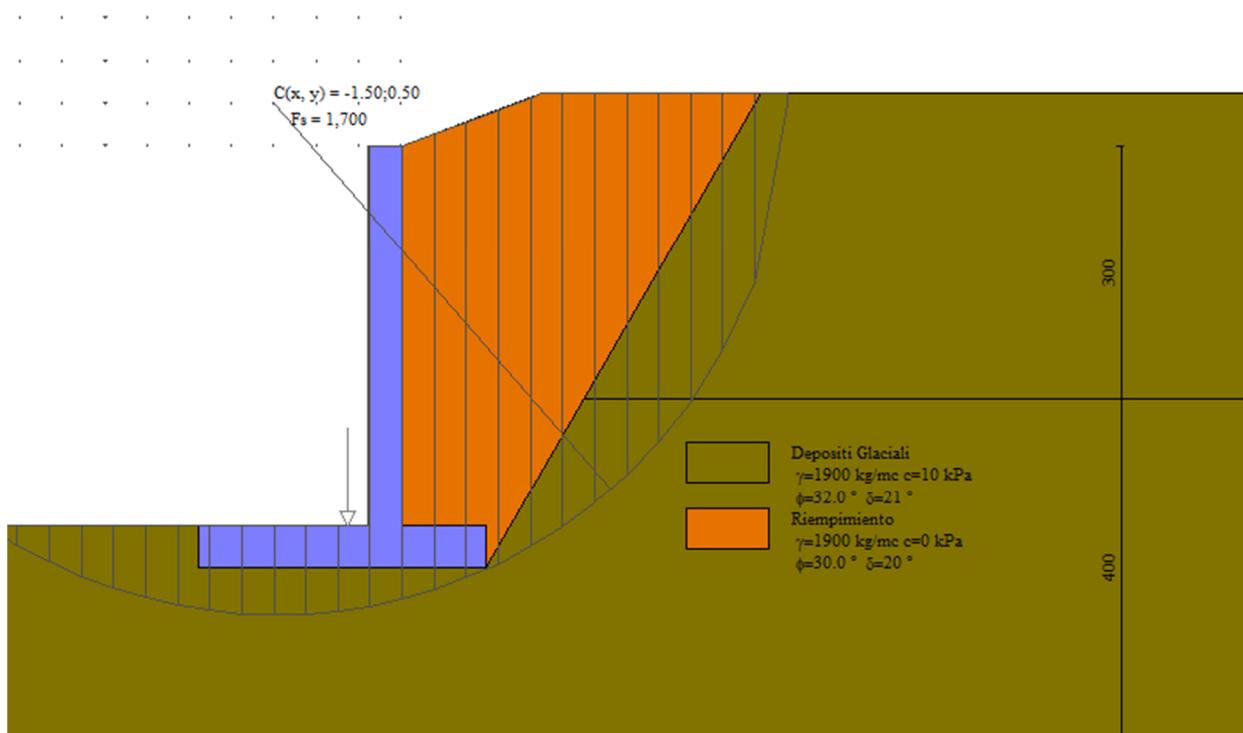


Figura 51 – Cerchio critico con FS=1.716 – Bishop

10.3.4 Verifiche Strutturali

- Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n° indice sezione



B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
Mu	momento ultimi espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

B=100cm

H=40 cm

n°	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	0,00	12,72	0	0	0	0	100000.000
2	0,00	12,72	0	0	0	0	100000.000
3	12,72	12,72	1	260	3229	638687	2456.489
4	12,72	12,72	4	390	7258	638687	1637.660
5	12,72	12,72	10	520	12875	638687	1228.245
6	12,72	12,72	20	650	20008	636573	979.343
7	12,72	12,72	35	780	26550	587567	753.291
8	12,72	12,72	56	910	32779	533589	586.362
9	12,72	12,72	83	1040	38120	475498	457.210
10	12,72	12,72	133	930	46904	328961	353.877
11	12,72	12,72	178	1033	47075	273002	264.312
12	12,72	12,72	233	1136	44076	214913	189.156
13	12,72	12,72	298	1239	40110	166760	134.543
14	12,72	12,72	374	1343	35657	127929	95.275
15	12,72	12,72	462	1446	32009	100145	69.255
16	12,72	12,72	563	1549	29210	80425	51.910
17	12,72	12,72	676	1653	27013	65990	39.931
18	12,72	12,72	804	1756	25415	55484	31.599
19	12,72	12,72	940	1800	23951	45869	25.483
20	12,72	12,72	1102	1900	23004	39647	20.867
21	12,72	12,72	1282	2000	22254	34717	17.359
22	12,72	12,72	1479	2100	21647	30729	14.633
23	12,72	12,72	1695	2200	21147	27445	12.475
24	12,72	12,72	1930	2300	20730	24701	10.740
25	12,72	12,72	2185	2400	20377	22380	9.325
26	12,72	12,72	2461	2500	20074	20395	8.158
27	12,72	12,72	2758	2600	19814	18681	7.185
28	12,72	12,72	3077	2700	19587	17189	6.366
29	12,72	12,72	3418	2800	19388	15880	5.672
30	12,72	12,72	3784	2900	19212	14725	5.078

n°	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
31	12,72	12,72	4173	3000	19056	13700	4.567
32	12,72	12,72	4587	3100	18916	12784	4.124
33	12,72	12,72	5027	3200	18791	11962	3.738
34	12,72	12,72	5493	3300	18679	11222	3.401
35	12,72	12,72	5986	3400	18577	10552	3.104
36	12,72	12,72	6506	3500	18484	9943	2.841
37	12,72	12,72	7055	3600	18400	9389	2.608
38	12,72	12,72	7633	3700	18317	8879	2.400
39	12,72	12,72	8241	3800	18241	8411	2.213
40	12,72	25,45	8879	3900	34777	15275	3.917
41	0,00	12,72	9548	4000	18133	7596	1.899
42	12,72	12,72	10249	4100	18047	7219	1.761
43	12,72	12,72	10983	4200	17992	6880	1.638
44	12,72	12,72	11750	4300	17941	6566	1.527
45	12,72	12,72	12551	4400	17894	6273	1.426
46	12,72	12,72	13386	4500	17849	6001	1.333
47	12,72	12,72	16120	10575	18853	12368	1.170

Fondazione

B=100cm

H=50 cm

n°	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	10,05	10,05	0	0	0	0	100000.000
2	10,05	10,05	35	0	17423	0	501.612
3	10,05	10,05	139	0	17423	0	125.288
4	10,05	10,05	313	0	17423	0	55.633
5	10,05	10,05	557	0	17423	0	31.265
6	10,05	10,05	872	0	17423	0	19.991
7	10,05	10,05	1256	0	17423	0	13.870
8	10,05	10,05	1711	0	17423	0	10.181
9	10,05	10,05	2237	0	17423	0	7.788
10	10,05	10,05	2834	0	17423	0	6.148
11	10,05	10,05	3502	0	17423	0	4.975
12	10,05	10,05	4241	0	17423	0	4.108
13	10,05	10,05	5052	0	17423	0	3.449
14	10,05	10,05	5935	0	17423	0	2.936
15	10,05	10,05	6889	0	17423	0	2.529
16	10,05	10,05	7915	0	17423	0	2.201
17	10,05	10,05	9014	0	17423	0	1.933
18	10,05	10,05	10185	0	17423	0	1.711
19	10,05	10,05	11429	0	17423	0	1.524
20	10,05	10,05	12746	0	17423	0	1.367
21	10,05	10,05	14136	0	17423	0	1.233



n°	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
22	10,05	10,05	-2441	0	-17423	0	7.138
23	10,05	10,05	-1990	0	-17423	0	8.756
24	10,05	10,05	-1582	0	-17423	0	11.012
25	10,05	10,05	-1219	0	-17423	0	14.293
26	10,05	10,05	-901	0	-17423	0	19.332
27	10,05	10,05	-630	0	-17423	0	27.666
28	10,05	10,05	-406	0	-17423	0	42.962
29	10,05	10,05	-230	0	-17423	0	75.909
30	10,05	10,05	-103	0	-17423	0	169.755
31	10,05	10,05	-26	0	-17423	0	674.912
32	10,05	10,05	0	0	0	0	100000.000

• Verifiche a taglio

Simbologia adottata

n° (o l_s) indice sezione

Y ordinata sezione espressa in [m]

B larghezza sezione espresso in [cm]

H altezza sezione espressa in [cm]

A_{sw} area ferri a taglio espresso in [cmq]

$\cotg\theta$ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

V_{Rcd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]

V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]

V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espresso in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio ($A_{sw} > 0.0$) $V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$.

T taglio agente espressa in [kg]

FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

$B=100\text{cm}$

$H=40\text{ cm}$

n°	A_{sw}	V_{Rcd}	V_{Rsd}	V_{Rd}	T	FS
	[cmq]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	0,00	0	0	16831	0	100.000
2	0,00	0	0	16845	11	1535.529
3	0,00	0	0	21234	31	690.990
4	0,00	0	0	21248	59	359.009
5	0,00	0	0	21262	96	220.921
6	0,00	0	0	21276	142	149.885
7	0,00	0	0	21290	196	108.428
8	0,00	0	0	21304	259	82.112
9	0,00	0	0	21318	331	64.357

n°	A _{sw}	V _{Rod}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cmq]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
10	0,00	0	0	21331	412	51.810
11	0,00	0	0	21345	501	42.613
12	0,00	0	0	21359	599	35.679
13	0,00	0	0	21373	705	30.323
14	0,00	0	0	21381	821	26.036
15	0,00	0	0	21395	950	22.520
16	0,00	0	0	21408	1087	19.698
17	0,00	0	0	21422	1231	17.398
18	0,00	0	0	21435	1383	15.496
19	0,00	0	0	21449	1543	13.904
20	0,00	0	0	21462	1709	12.556
21	0,00	0	0	21476	1883	11.403
22	0,00	0	0	21489	2065	10.408
23	0,00	0	0	21503	2253	9.544
24	0,00	0	0	21516	2449	8.787
25	0,00	0	0	21530	2651	8.120
26	0,00	0	0	21543	2861	7.529
27	0,00	0	0	21557	3078	7.003
28	0,00	0	0	21570	3302	6.532
29	0,00	0	0	21584	3533	6.109
30	0,00	0	0	21597	3771	5.727
31	0,00	0	0	21611	4016	5.381
32	0,00	0	0	21624	4268	5.066
33	0,00	0	0	21638	4527	4.779
34	0,00	0	0	21651	4793	4.517
35	0,00	0	0	21665	5066	4.276
36	0,00	0	0	21678	5346	4.055
37	0,00	0	0	21692	5633	3.851
38	0,00	0	0	21705	5927	3.662
39	0,00	0	0	21719	6228	3.487
40	0,00	0	0	24801	6536	3.795
41	0,00	0	0	17371	6851	2.536
42	0,00	0	0	21759	7172	3.034
43	0,00	0	0	21773	7501	2.903
44	0,00	0	0	21786	7836	2.780
45	0,00	0	0	21800	8179	2.665
46	0,00	0	0	21813	8528	2.558
47	0,00	0	0	22634	8528	2.654

Fondazione

B=100cm

H=50 cm



n°	A _{sw}	V _{Rsd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cmq]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	0,00	0	0	21948	0	100.000
2	0,00	0	0	21948	-695	31.580
3	0,00	0	0	21948	-1392	15.768
4	0,00	0	0	21948	-2091	10.498
5	0,00	0	0	21948	-2791	7.863
6	0,00	0	0	21948	-3494	6.281
7	0,00	0	0	21948	-4199	5.227
8	0,00	0	0	21948	-4905	4.474
9	0,00	0	0	21948	-5613	3.910
10	0,00	0	0	21948	-6324	3.471
11	0,00	0	0	21948	-7036	3.119
12	0,00	0	0	21948	-7750	2.832
13	0,00	0	0	21948	-8466	2.592
14	0,00	0	0	21948	-9184	2.390
15	0,00	0	0	21948	-9904	2.216
16	0,00	0	0	21948	-10626	2.066
17	0,00	0	0	21948	-11349	1.934
18	0,00	0	0	21948	-12075	1.818
19	0,00	0	0	21948	-12802	1.714
20	0,00	0	0	21948	-13622	1.611
21	0,00	0	0	21948	-14457	1.518
22	0,00	0	0	21948	-4726	4.644
23	0,00	0	0	21948	-4295	5.110
24	0,00	0	0	21948	-3855	5.693
25	0,00	0	0	21948	-3406	6.443
26	0,00	0	0	21948	-2948	7.445
27	0,00	0	0	21948	-2480	8.850
28	0,00	0	0	21948	-2003	10.959
29	0,00	0	0	21948	-1516	14.477
30	0,00	0	0	21948	-1020	21.515
31	0,00	0	0	21948	-515	42.639
32	0,00	0	0	21948	0	100.000

- **Verifica delle tensioni**

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
A _{fi}	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
A _{fs}	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kgm]

N sforzo normale agente, espressa in [kg]
 σ_c tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
 σ_{fi} tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
 σ_{fs} tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

Combinazioni SLER

Paramento

B=100cm

H=40 cm

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 17430 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 360000 [kPa]

n°	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	0,00	12,72	0	0	0 (13)	0 (13)	0 (13)
2	0,00	12,72	0	100	3 (13)	32 (13)	0 (13)
3	12,72	12,72	1	200	5 (13)	64 (13)	71 (13)
4	12,72	12,72	3	300	8 (13)	89 (13)	113 (13)
5	12,72	12,72	8	400	12 (13)	105 (13)	163 (13)
6	12,72	12,72	16	500	16 (13)	112 (13)	224 (13)
7	12,72	12,72	27	600	22 (13)	104 (13)	299 (13)
8	12,72	12,72	43	700	29 (13)	81 (13)	389 (13)
9	12,72	12,72	64	800	38 (13)	35 (13)	499 (13)
10	12,72	12,72	91	900	51 (13)	74 (13)	644 (13)
11	12,72	12,72	125	1000	68 (13)	309 (13)	833 (13)
12	12,72	12,72	166	1100	91 (13)	737 (13)	1071 (13)
13	12,72	12,72	216	1200	120 (13)	1404 (13)	1353 (13)
14	12,72	12,72	275	1300	155 (13)	2330 (13)	1675 (13)
15	12,72	12,72	343	1400	196 (13)	3519 (13)	2034 (13)
16	12,72	12,72	421	1500	242 (13)	4979 (13)	2433 (13)
17	12,72	12,72	510	1600	295 (13)	6716 (13)	2872 (13)
18	12,72	12,72	611	1700	354 (13)	8739 (13)	3354 (13)
19	12,72	12,72	723	1800	420 (13)	11061 (13)	3881 (13)
20	12,72	12,72	848	1900	493 (13)	13693 (13)	4457 (13)
21	12,72	12,72	986	2000	574 (13)	16647 (13)	5082 (13)
22	12,72	12,72	1138	2100	662 (13)	19935 (13)	5761 (13)
23	12,72	12,72	1304	2200	758 (13)	23571 (13)	6494 (13)
24	12,72	12,72	1485	2300	863 (13)	27568 (13)	7285 (13)
25	12,72	12,72	1681	2400	976 (13)	31938 (13)	8135 (13)
26	12,72	12,72	1893	2500	1098 (13)	36694 (13)	9048 (13)
27	12,72	12,72	2121	2600	1229 (13)	41850 (13)	10024 (13)



n°	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
28	12,72	12,72	2367	2700	1370 (13)	47419 (13)	11067 (13)
29	12,72	12,72	2630	2800	1521 (13)	53413 (13)	12178 (13)
30	12,72	12,72	2910	2900	1682 (13)	59845 (13)	13360 (13)
31	12,72	12,72	3210	3000	1854 (13)	66729 (13)	14614 (13)
32	12,72	12,72	3528	3100	2037 (13)	74077 (13)	15944 (13)
33	12,72	12,72	3867	3200	2230 (13)	81903 (13)	17351 (13)
34	12,72	12,72	4225	3300	2435 (13)	90220 (13)	18837 (13)
35	12,72	12,72	4604	3400	2652 (13)	99040 (13)	20404 (13)
36	12,72	12,72	5005	3500	2881 (13)	108376 (13)	22055 (13)
37	12,72	12,72	5427	3600	3122 (13)	118242 (13)	23792 (13)
38	12,72	12,72	5872	3700	3376 (13)	128650 (13)	25616 (13)
39	12,72	12,72	6339	3800	3643 (13)	139614 (13)	27530 (13)
40	12,72	25,45	6830	3900	3078 (13)	78192 (13)	28811 (13)
41	0,00	12,72	7345	4000	4677 (13)	163164 (13)	0 (13)
42	12,72	12,72	7884	4100	4525 (13)	175966 (13)	33834 (13)
43	12,72	12,72	8448	4200	4847 (13)	189280 (13)	36129 (13)
44	12,72	12,72	9038	4300	5183 (13)	203215 (13)	38524 (13)
45	12,72	12,72	9654	4400	5534 (13)	217782 (13)	41022 (13)
46	12,72	12,72	10297	4500	5900 (13)	232996 (13)	43625 (13)
47	12,72	12,72	12322	9000	7097 (13)	265404 (13)	54541 (13)

Fondazione

B=100cm

H=50 cm

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 17430 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 360000 [kPa]

n°	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	10,05	10,05	0	0	0 (13)	0 (13)	0 (13)
2	10,05	10,05	23	0	10 (13)	542 (13)	74 (13)
3	10,05	10,05	93	0	39 (13)	2181 (13)	296 (13)
4	10,05	10,05	211	0	89 (13)	4939 (13)	670 (13)
5	10,05	10,05	378	0	159 (13)	8836 (13)	1200 (13)
6	10,05	10,05	595	0	251 (13)	13894 (13)	1886 (13)
7	10,05	10,05	862	0	363 (13)	20134 (13)	2733 (13)
8	10,05	10,05	1181	0	498 (13)	27576 (13)	3744 (13)
9	10,05	10,05	1552	0	654 (13)	36242 (13)	4920 (13)
10	10,05	10,05	1976	0	833 (13)	46154 (13)	6266 (13)
11	10,05	10,05	2455	0	1035 (13)	57331 (13)	7783 (13)
12	10,05	10,05	2989	0	1260 (13)	69795 (13)	9475 (13)
13	10,05	10,05	3579	0	1508 (13)	83567 (13)	11345 (13)
14	10,05	10,05	4225	0	1781 (13)	98668 (13)	13395 (13)

n°	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
15	10,05	10,05	4930	0	2077 (13)	115119 (13)	15628 (13)
16	10,05	10,05	5693	0	2399 (13)	132941 (13)	18047 (13)
17	10,05	10,05	6516	0	2746 (13)	152156 (13)	20656 (13)
18	10,05	10,05	7399	0	3118 (13)	172784 (13)	23456 (13)
19	10,05	10,05	8344	0	3516 (13)	194846 (13)	26451 (13)
20	10,05	10,05	9351	0	3941 (13)	218364 (13)	29644 (13)
21	10,05	10,05	10421	0	4392 (13)	243358 (13)	33037 (13)
22	10,05	10,05	-824	0	347 (13)	2613 (13)	19249 (13)
23	10,05	10,05	-665	0	280 (13)	2108 (13)	15531 (13)
24	10,05	10,05	-523	0	221 (13)	1659 (13)	12224 (13)
25	10,05	10,05	-399	0	168 (13)	1266 (13)	9322 (13)
26	10,05	10,05	-292	0	123 (13)	926 (13)	6822 (13)
27	10,05	10,05	-202	0	85 (13)	641 (13)	4719 (13)
28	10,05	10,05	-129	0	54 (13)	408 (13)	3008 (13)
29	10,05	10,05	-72	0	30 (13)	229 (13)	1685 (13)
30	10,05	10,05	-32	0	13 (13)	101 (13)	746 (13)
31	10,05	10,05	-8	0	3 (13)	25 (13)	186 (13)
32	10,05	10,05	0	0	0 (13)	0 (13)	0 (13)

Combinazioni SLEF

Paramento

B=100cm

H=40 cm

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 29050 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	0,00	12,72	0	0	0 (14)	0 (14)	0 (14)
2	0,00	12,72	0	100	3 (14)	32 (14)	0 (14)
3	12,72	12,72	1	200	5 (14)	64 (14)	71 (14)
4	12,72	12,72	3	300	8 (14)	89 (14)	113 (14)
5	12,72	12,72	8	400	12 (14)	105 (14)	163 (14)
6	12,72	12,72	16	500	16 (14)	112 (14)	224 (14)
7	12,72	12,72	27	600	22 (14)	104 (14)	299 (14)
8	12,72	12,72	43	700	29 (14)	81 (14)	389 (14)
9	12,72	12,72	64	800	38 (14)	35 (14)	499 (14)
10	12,72	12,72	91	900	51 (14)	74 (14)	644 (14)
11	12,72	12,72	125	1000	68 (14)	309 (14)	833 (14)
12	12,72	12,72	166	1100	91 (14)	737 (14)	1071 (14)
13	12,72	12,72	216	1200	120 (14)	1404 (14)	1353 (14)



n°	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
14	12,72	12,72	275	1300	155 (14)	2330 (14)	1675 (14)
15	12,72	12,72	343	1400	196 (14)	3519 (14)	2034 (14)
16	12,72	12,72	421	1500	242 (14)	4979 (14)	2433 (14)
17	12,72	12,72	510	1600	295 (14)	6716 (14)	2872 (14)
18	12,72	12,72	611	1700	354 (14)	8739 (14)	3354 (14)
19	12,72	12,72	723	1800	420 (14)	11061 (14)	3881 (14)
20	12,72	12,72	848	1900	493 (14)	13693 (14)	4457 (14)
21	12,72	12,72	986	2000	574 (14)	16647 (14)	5082 (14)
22	12,72	12,72	1138	2100	662 (14)	19935 (14)	5761 (14)
23	12,72	12,72	1304	2200	758 (14)	23571 (14)	6494 (14)
24	12,72	12,72	1485	2300	863 (14)	27568 (14)	7285 (14)
25	12,72	12,72	1681	2400	976 (14)	31938 (14)	8135 (14)
26	12,72	12,72	1893	2500	1098 (14)	36694 (14)	9048 (14)
27	12,72	12,72	2121	2600	1229 (14)	41850 (14)	10024 (14)
28	12,72	12,72	2367	2700	1370 (14)	47419 (14)	11067 (14)
29	12,72	12,72	2630	2800	1521 (14)	53413 (14)	12178 (14)
30	12,72	12,72	2910	2900	1682 (14)	59845 (14)	13360 (14)
31	12,72	12,72	3210	3000	1854 (14)	66729 (14)	14614 (14)
32	12,72	12,72	3528	3100	2037 (14)	74077 (14)	15944 (14)
33	12,72	12,72	3867	3200	2230 (14)	81903 (14)	17351 (14)
34	12,72	12,72	4225	3300	2435 (14)	90220 (14)	18837 (14)
35	12,72	12,72	4604	3400	2652 (14)	99040 (14)	20404 (14)
36	12,72	12,72	5005	3500	2881 (14)	108376 (14)	22055 (14)
37	12,72	12,72	5427	3600	3122 (14)	118242 (14)	23792 (14)
38	12,72	12,72	5872	3700	3376 (14)	128650 (14)	25616 (14)
39	12,72	12,72	6339	3800	3643 (14)	139614 (14)	27530 (14)
40	12,72	25,45	6830	3900	3078 (14)	78192 (14)	28811 (14)
41	0,00	12,72	7345	4000	4677 (14)	163164 (14)	0 (14)
42	12,72	12,72	7884	4100	4525 (14)	175966 (14)	33834 (14)
43	12,72	12,72	8448	4200	4847 (14)	189280 (14)	36129 (14)
44	12,72	12,72	9038	4300	5183 (14)	203215 (14)	38524 (14)
45	12,72	12,72	9654	4400	5534 (14)	217782 (14)	41022 (14)
46	12,72	12,72	10297	4500	5900 (14)	232996 (14)	43625 (14)
47	12,72	12,72	11816	7875	6798 (14)	257291 (14)	51821 (14)

Fondazione

B=100cm

H=50 cm

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 29050 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	10,05	10,05	0	0	0 (14)	0 (14)	0 (14)
2	10,05	10,05	22	0	9 (14)	506 (14)	69 (14)
3	10,05	10,05	87	0	37 (14)	2040 (14)	277 (14)
4	10,05	10,05	198	0	83 (14)	4620 (14)	627 (14)
5	10,05	10,05	354	0	149 (14)	8268 (14)	1122 (14)
6	10,05	10,05	557	0	235 (14)	13005 (14)	1765 (14)
7	10,05	10,05	807	0	340 (14)	18851 (14)	2559 (14)
8	10,05	10,05	1106	0	466 (14)	25827 (14)	3506 (14)
9	10,05	10,05	1454	0	613 (14)	33954 (14)	4609 (14)
10	10,05	10,05	1852	0	781 (14)	43252 (14)	5872 (14)
11	10,05	10,05	2301	0	970 (14)	53741 (14)	7296 (14)
12	10,05	10,05	2803	0	1181 (14)	65444 (14)	8884 (14)
13	10,05	10,05	3356	0	1414 (14)	78379 (14)	10640 (14)
14	10,05	10,05	3964	0	1671 (14)	92568 (14)	12567 (14)
15	10,05	10,05	4626	0	1950 (14)	108032 (14)	14666 (14)
16	10,05	10,05	5344	0	2252 (14)	124790 (14)	16941 (14)
17	10,05	10,05	6118	0	2578 (14)	142865 (14)	19395 (14)
18	10,05	10,05	6949	0	2928 (14)	162276 (14)	22030 (14)
19	10,05	10,05	7839	0	3303 (14)	183044 (14)	24849 (14)
20	10,05	10,05	8787	0	3703 (14)	205189 (14)	27855 (14)
21	10,05	10,05	9795	0	4128 (14)	228733 (14)	31052 (14)
22	10,05	10,05	-1001	0	422 (14)	3175 (14)	23386 (14)
23	10,05	10,05	-809	0	341 (14)	2564 (14)	18888 (14)
24	10,05	10,05	-637	0	269 (14)	2020 (14)	14880 (14)
25	10,05	10,05	-486	0	205 (14)	1542 (14)	11359 (14)
26	10,05	10,05	-356	0	150 (14)	1130 (14)	8321 (14)
27	10,05	10,05	-247	0	104 (14)	782 (14)	5761 (14)
28	10,05	10,05	-157	0	66 (14)	499 (14)	3676 (14)
29	10,05	10,05	-88	0	37 (14)	280 (14)	2062 (14)
30	10,05	10,05	-39	0	16 (14)	124 (14)	914 (14)
31	10,05	10,05	-10	0	4 (14)	31 (14)	228 (14)
32	10,05	10,05	0	0	0 (14)	0 (14)	0 (14)

Combinazioni SLEQ

Paramento

B=100cm

H=40 cm

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13073 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]



n°	Afi	Afs	M	N	σ	σfi	σfs
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	0,00	12,72	0	0	0 (15)	0 (15)	0 (15)
2	0,00	12,72	0	100	3 (15)	32 (15)	0 (15)
3	12,72	12,72	1	200	5 (15)	64 (15)	71 (15)
4	12,72	12,72	3	300	8 (15)	89 (15)	113 (15)
5	12,72	12,72	8	400	12 (15)	105 (15)	163 (15)
6	12,72	12,72	16	500	16 (15)	112 (15)	224 (15)
7	12,72	12,72	27	600	22 (15)	104 (15)	299 (15)
8	12,72	12,72	43	700	29 (15)	81 (15)	389 (15)
9	12,72	12,72	64	800	38 (15)	35 (15)	499 (15)
10	12,72	12,72	91	900	51 (15)	74 (15)	644 (15)
11	12,72	12,72	125	1000	68 (15)	309 (15)	833 (15)
12	12,72	12,72	166	1100	91 (15)	737 (15)	1071 (15)
13	12,72	12,72	216	1200	120 (15)	1404 (15)	1353 (15)
14	12,72	12,72	275	1300	155 (15)	2330 (15)	1675 (15)
15	12,72	12,72	343	1400	196 (15)	3519 (15)	2034 (15)
16	12,72	12,72	421	1500	242 (15)	4979 (15)	2433 (15)
17	12,72	12,72	510	1600	295 (15)	6716 (15)	2872 (15)
18	12,72	12,72	611	1700	354 (15)	8739 (15)	3354 (15)
19	12,72	12,72	723	1800	420 (15)	11061 (15)	3881 (15)
20	12,72	12,72	848	1900	493 (15)	13693 (15)	4457 (15)
21	12,72	12,72	986	2000	574 (15)	16647 (15)	5082 (15)
22	12,72	12,72	1138	2100	662 (15)	19935 (15)	5761 (15)
23	12,72	12,72	1304	2200	758 (15)	23571 (15)	6494 (15)
24	12,72	12,72	1485	2300	863 (15)	27568 (15)	7285 (15)
25	12,72	12,72	1681	2400	976 (15)	31938 (15)	8135 (15)
26	12,72	12,72	1893	2500	1098 (15)	36694 (15)	9048 (15)
27	12,72	12,72	2121	2600	1229 (15)	41850 (15)	10024 (15)
28	12,72	12,72	2367	2700	1370 (15)	47419 (15)	11067 (15)
29	12,72	12,72	2630	2800	1521 (15)	53413 (15)	12178 (15)
30	12,72	12,72	2910	2900	1682 (15)	59845 (15)	13360 (15)
31	12,72	12,72	3210	3000	1854 (15)	66729 (15)	14614 (15)
32	12,72	12,72	3528	3100	2037 (15)	74077 (15)	15944 (15)
33	12,72	12,72	3867	3200	2230 (15)	81903 (15)	17351 (15)
34	12,72	12,72	4225	3300	2435 (15)	90220 (15)	18837 (15)
35	12,72	12,72	4604	3400	2652 (15)	99040 (15)	20404 (15)
36	12,72	12,72	5005	3500	2881 (15)	108376 (15)	22055 (15)
37	12,72	12,72	5427	3600	3122 (15)	118242 (15)	23792 (15)
38	12,72	12,72	5872	3700	3376 (15)	128650 (15)	25616 (15)
39	12,72	12,72	6339	3800	3643 (15)	139614 (15)	27530 (15)
40	12,72	25,45	6830	3900	3078 (15)	78192 (15)	28811 (15)
41	0,00	12,72	7345	4000	4677 (15)	163164 (15)	0 (15)
42	12,72	12,72	7884	4100	4525 (15)	175966 (15)	33834 (15)
43	12,72	12,72	8448	4200	4847 (15)	189280 (15)	36129 (15)
44	12,72	12,72	9038	4300	5183 (15)	203215 (15)	38524 (15)
45	12,72	12,72	9654	4400	5534 (15)	217782 (15)	41022 (15)
46	12,72	12,72	10297	4500	5900 (15)	232996 (15)	43625 (15)
47	12,72	12,72	10297	4500	5900 (15)	232996 (15)	43625 (15)

Fondazione

B=100cm

H=50 cm

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13073 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	10,05	10,05	0	0	0 (15)	0 (15)	0 (15)
2	10,05	10,05	17	0	7 (15)	401 (15)	54 (15)
3	10,05	10,05	69	0	29 (15)	1615 (15)	219 (15)
4	10,05	10,05	157	0	66 (15)	3663 (15)	497 (15)
5	10,05	10,05	281	0	118 (15)	6565 (15)	891 (15)
6	10,05	10,05	443	0	187 (15)	10338 (15)	1403 (15)
7	10,05	10,05	643	0	271 (15)	15004 (15)	2037 (15)
8	10,05	10,05	881	0	371 (15)	20581 (15)	2794 (15)
9	10,05	10,05	1160	0	489 (15)	27088 (15)	3677 (15)
10	10,05	10,05	1479	0	623 (15)	34546 (15)	4690 (15)
11	10,05	10,05	1840	0	776 (15)	42974 (15)	5834 (15)
12	10,05	10,05	2244	0	945 (15)	52390 (15)	7112 (15)
13	10,05	10,05	2690	0	1134 (15)	62815 (15)	8527 (15)
14	10,05	10,05	3180	0	1340 (15)	74269 (15)	10082 (15)
15	10,05	10,05	3716	0	1566 (15)	86769 (15)	11779 (15)
16	10,05	10,05	4297	0	1811 (15)	100337 (15)	13621 (15)
17	10,05	10,05	4924	0	2075 (15)	114991 (15)	15611 (15)
18	10,05	10,05	5599	0	2360 (15)	130751 (15)	17750 (15)
19	10,05	10,05	6322	0	2664 (15)	147636 (15)	20042 (15)
20	10,05	10,05	7094	0	2990 (15)	165666 (15)	22490 (15)
21	10,05	10,05	7916	0	3336 (15)	184860 (15)	25096 (15)
22	10,05	10,05	-1533	0	646 (15)	4860 (15)	35798 (15)
23	10,05	10,05	-1240	0	523 (15)	3931 (15)	28958 (15)
24	10,05	10,05	-978	0	412 (15)	3102 (15)	22849 (15)
25	10,05	10,05	-748	0	315 (15)	2372 (15)	17471 (15)
26	10,05	10,05	-549	0	231 (15)	1740 (15)	12818 (15)
27	10,05	10,05	-381	0	160 (15)	1207 (15)	8890 (15)
28	10,05	10,05	-243	0	103 (15)	771 (15)	5682 (15)
29	10,05	10,05	-137	0	58 (15)	433 (15)	3192 (15)
30	10,05	10,05	-61	0	26 (15)	192 (15)	1417 (15)
31	10,05	10,05	-15	0	6 (15)	48 (15)	354 (15)
32	10,05	10,05	0	0	0 (15)	0 (15)	0 (15)



11 INTERVENTO B

11.1 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.

11.1.1 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 .

11.1.2 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.

11.1.3 Carichi variabili

Si considera nelle verifiche un carico variabile veicolare di 2000 kg/m^2

11.2 Descrizione combinazioni di carico

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

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

11.3 Modello di calcolo e risultati delle verifiche

Considerando che la geometria della scogliera è costante in tutto lo sviluppo, si considera per le verifiche la sezione più critica identificata come 1-1'. Le verifiche sono state eseguite con il software di calcolo MAX 16.0. A seguire si riportano i risultati ottenuti.

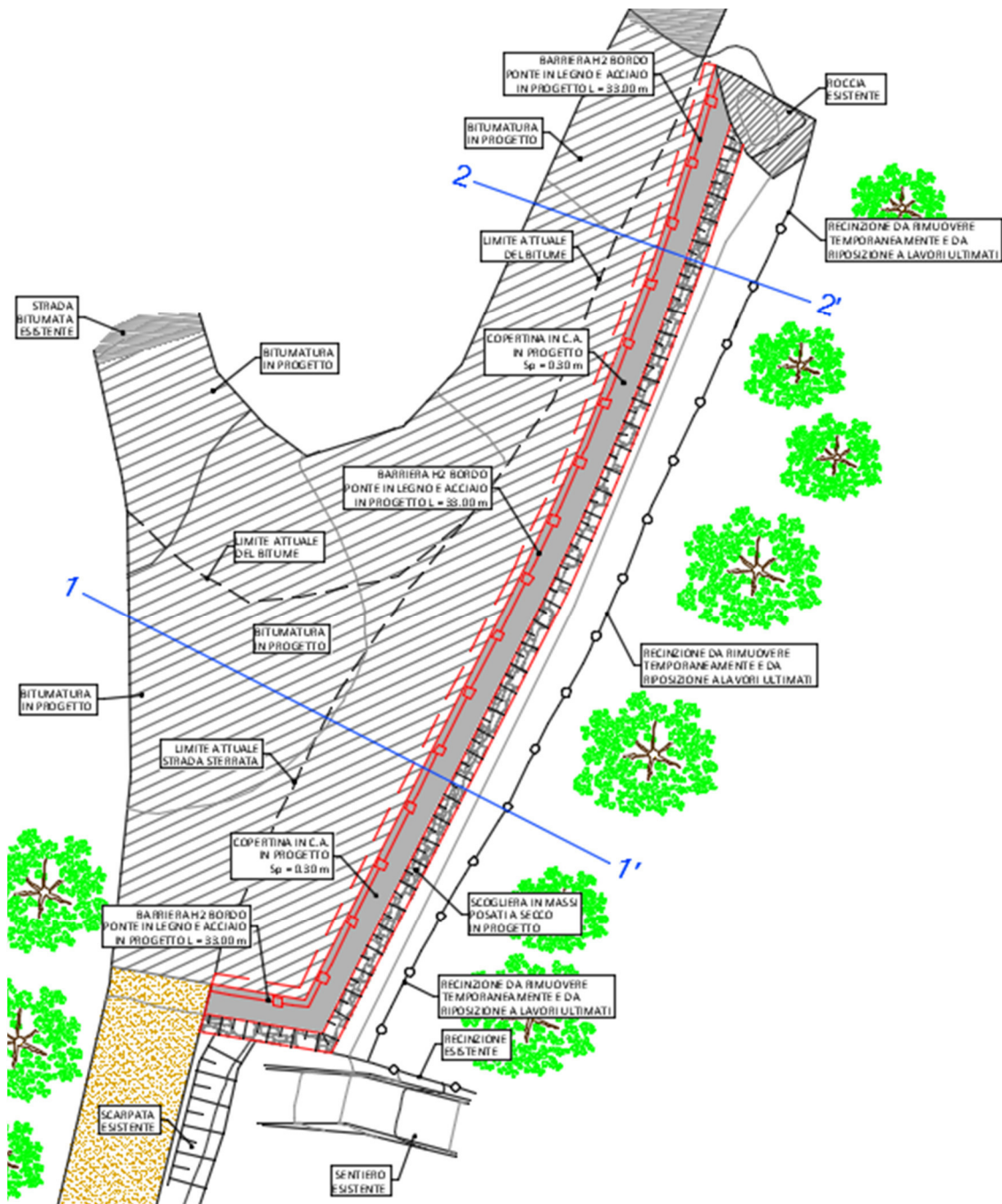


Figura 52 – Estratto Tav.04B_Planimetria_progetto.



11.3.1 Geometria di modellazione

La scogliera in massi di cava posati a secco ha sezione costante per tutta l'estensione, con altezza del paramento di 2.60 m, inclinazione interna di approssimativamente 5.0° ed esterna di 12.0° e spessore in testa di 1.20 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.

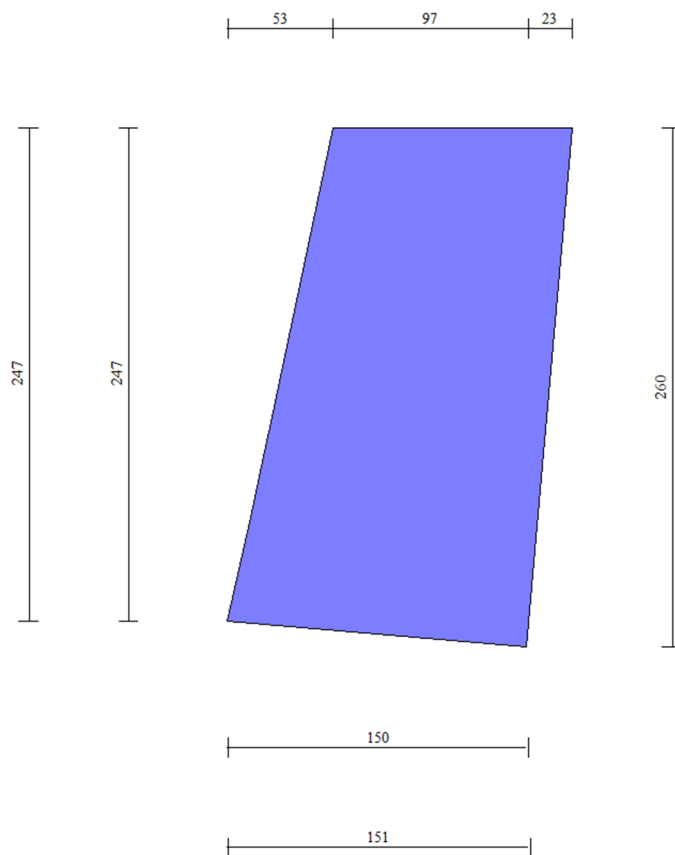


Figura 53 – Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Sezione di verifica

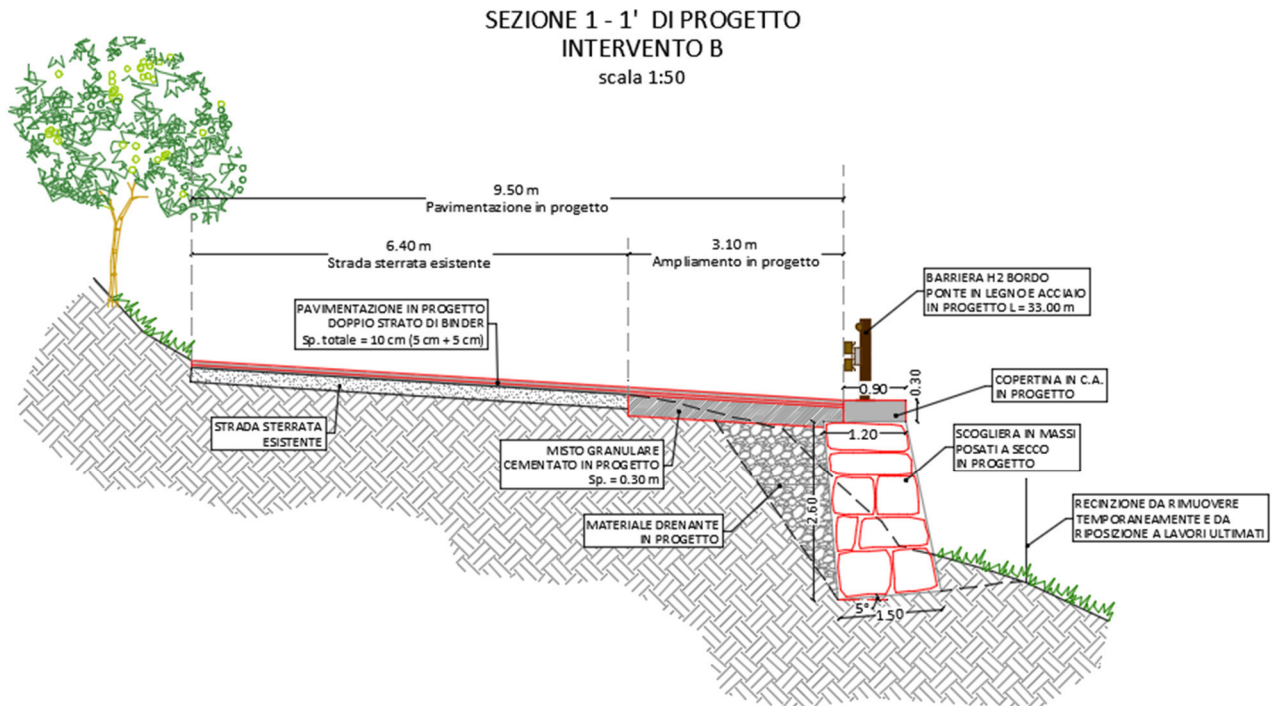


Figura 54 – Estratto della Tav.05.B_Sezioni_Progetto

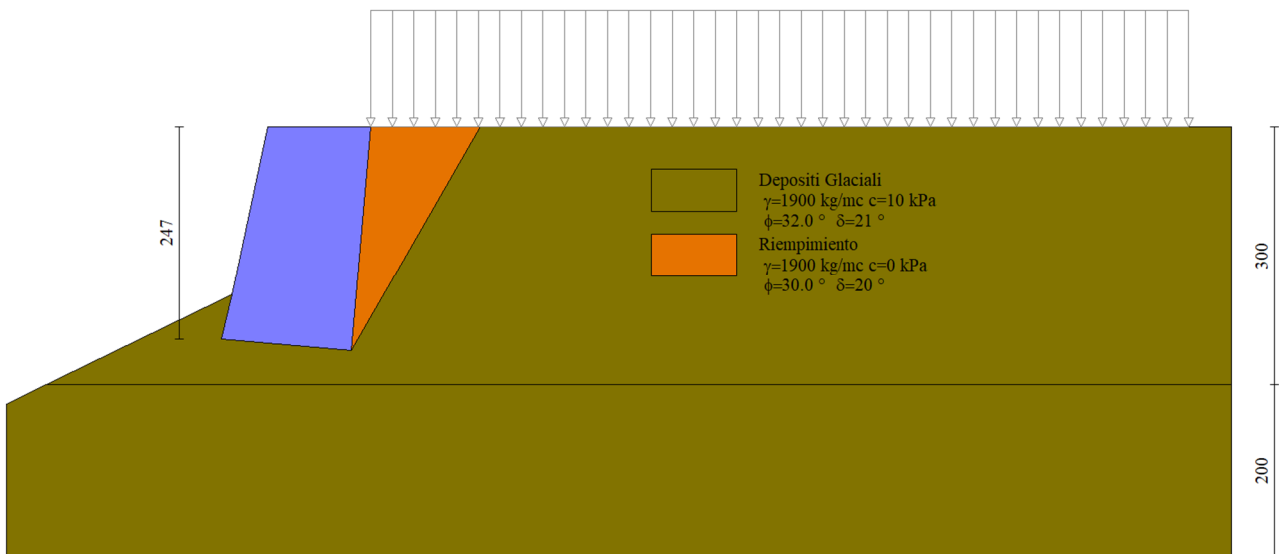


Figura 55 - Estratto dal software di calcolo MAX 16.0



11.3.2 Sollecitazioni agenti

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

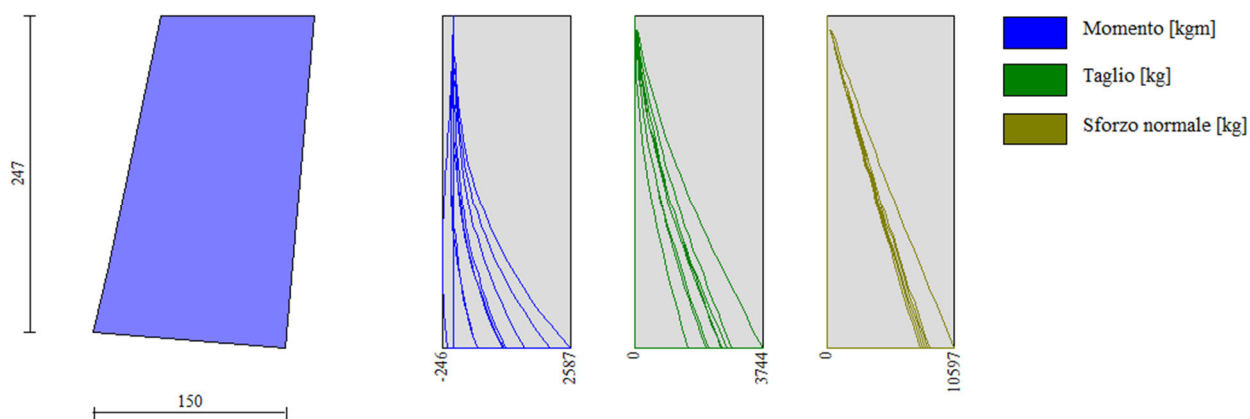


Figura 56 – Involuppo delle sollecitazioni agenti

11.3.3 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	2.51 (10)
Verifica allo scorrimento	1.47 (1)
Verifica al carico limite	5.13 (1)
Verifica alla stabilità globale	1.46 (7)

Tabella 26 - Risultati delle verifiche geotecniche

I valori minimi dei fattori di sicurezza risultano maggiori di quelli consigliati da normativa per muri di sostegno (NTC 2018).

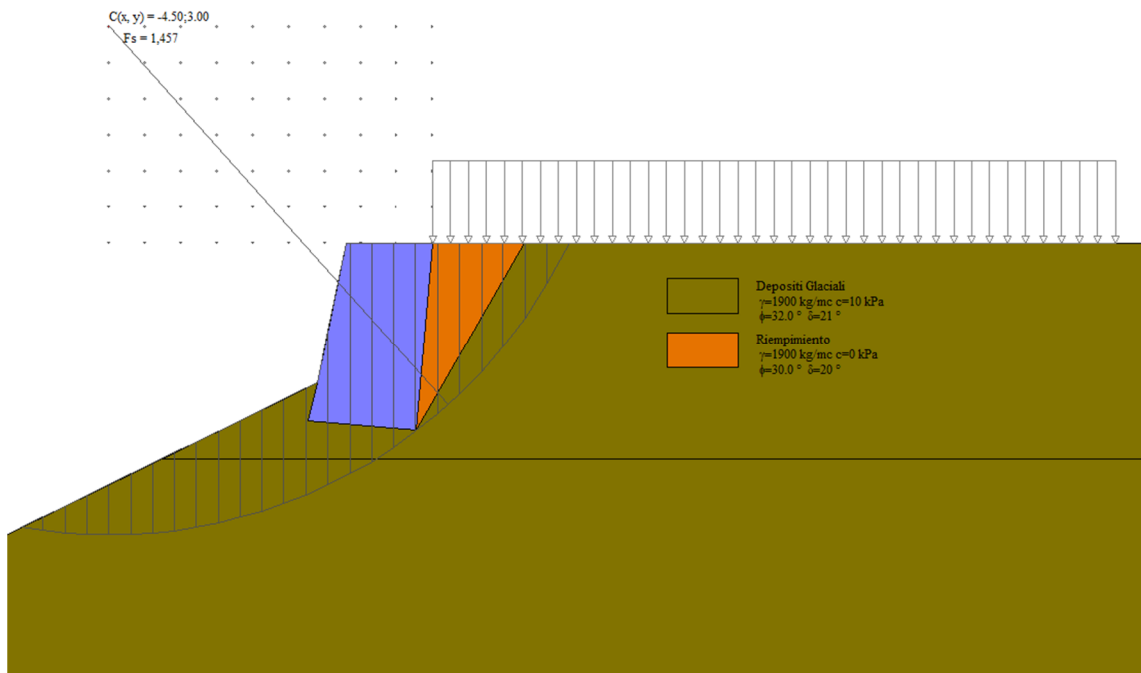


Figura 57 – Cerchio critico con FS=1.46 - Bishop



12 CONCLUSIONI

Nel presente elaborato è stato fornito un inquadramento topografico, geologico, e vincolistico dell'area interessata dalle opere relative al progetto denominato "Messa in sicurezza del territorio a rischio idrogeologico interessato dagli eventi alluvionali del mese di Novembre 2019" da eseguire nel Comune di Val di Chy (TO) - CUP: G17C20000020001 - Cod. CIG: 8647856487".

Vengono inoltre riportati i risultati delle verifiche geotecniche di stabilità della sezione della scogliera e il muro in c.a. in progetto, nonché i risultati dell'analisi di stabilità del pendio sul quale si andrà ad intervenire.

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

Della carta di sintesi allegata al PRGI del comune di Val di Chy (TO), il intervento A in municipio Alice Superiore ricade in **classe III: Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed rispetto di modesti accorgimenti tecnici ai sensi del D.M. 17.01.2018.** Mentre gli interventi B,C,D nel municipio di Lugnacco ricadono in **Classe IIIa: Fasce di rispetto dei corsi d'acqua. Settori di versante ineditati che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che li rendono inidonei a nuovi insediamenti. In tali aree potranno essere ammessi bassi fabbricati di modeste dimensioni ad uso agricolo. I fabbricati isolati presenti in tale ambito dovranno essere considerati appartenenti alla classe IIIB3.**

L'area di intervento E ricade in **Classe IIIa: Fasce di rispetto dei corsi d'acqua. Settori di versante ineditati che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che li rendono inidonei a nuovi insediamenti. In tali aree potranno essere ammessi bassi fabbricati di modeste dimensioni ad uso agricolo. I fabbricati isolati presenti in tale ambito dovranno essere considerati appartenenti alla classe IIIB3. E in Classe IIIB porzioni di territorio edificate nelle quali, a seguito della realizzazione delle opere di sistemazione idrogeologica, sarà possibile la realizzazione di nuove edificazioni ampliamenti o completamenti (IIIB s.s.)**

Trattandosi di opere di interesse pubblico, il cui obiettivo è la messa in sicurezza della vitalità della strada provinciale N°65, la loro realizzazione è prescritta ai sensi della normativa vigente.

Le aree di interventi indagati **non ricadono** tra le aree perimetrate dalla Direttiva Alluvioni.

Per quanto concerne l'aspetto vincolistico l'opera in progetto nel centro di Alice Superiore (intervento A) **non ricade** tra le aree perimetrate ai sensi della L.R. 45/89 - Vincolo Idrogeologico. L'opera non è dunque assoggettata ad esplicita autorizzazione.

Da un punto di vista del vincolo idrogeologico L.R.45/89 le opere in progetto (B, C e D) che ricadono in aree vincolate, sono di fatto escluse da specifica autorizzazione in quanto:

Gli interventi B,C e D trattandosi di interventi di manutenzione straordinaria di viabilità intercomunale esistente sono esclusi da specifica autorizzazione ai sensi dell'Art. 11. Della L.R. 45/89 - (Esclusione dalla autorizzazione)

1. Non sono soggetti all'autorizzazione di cui all'articolo 1:

a) gli interventi di manutenzione, anche straordinaria, di strade, di ferrovie, di piste agro-silvo-pastorali, nonché di strutture relative a sistemi di trasporto pubblico, ivi compresi gli impianti funiviari e di risalita, e di erogazione di pubblici servizi, esclusi i casi in cui sia previsto l'ampliamento della sezione o la rettificazione del tracciato;

Nello specifico non è previsto per gli interventi un allargamento della carreggiata bensì esclusivamente la messa in sicurezza del ciglio stradale esistente attualmente non pavimentato e la messa in sicurezza della strada mediante la costruzione di barriera stradale.

Si prescrive per il rinterro a tergo della scogliera e il muro in c.a. 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 e il muro in c.a., 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**.