

COMMITTENTE:



COMUNE DI SETTIMO ROTTARO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Geom. Claudia Barberis

OGGETTO:

SERVIZIO DI PROGETTAZIONE PER MESSA IN SICUREZZA MURO DI SOSTEGNO VIA PASTRENGO/VIA S. CROCE

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

COMUNE DI SETTIMO ROTTARO, VIA PASTRENGO / VIA S. CROCE

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

8	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.
1	Agosto 2021	Progetto definitivo-esecutivo	PC	LV	DG
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO

TITOLO:

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E DI CALCOLO

ARCHIVIO:
5303

FILE N°:
TESTALINI

DATA:
Loranzè, Agosto 2021



TAVOLA N°

B

SCALA:

--

SERTEC s.r.l.
ENGINEERING CONSULTING

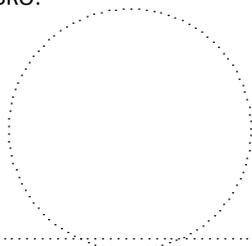
31 Strada Provinciale 222
10010 Loranzè (TO)
TEL. 0125.1970499 FAX 0125.564014
e-mail:
info.sertec@ilquadrifoglio.to.it
www.sertec-engineering.it

IL DIRETTORE TECNICO:
Dott. Ing. Gianluca DDETTO

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Domenico GABRIELE
N° 7261 T ALBO INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:

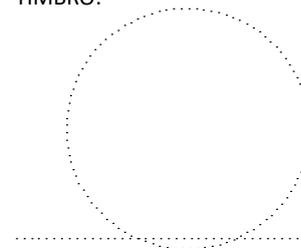


ALTRA FIGURA:

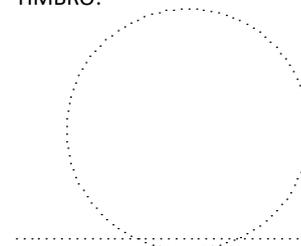
Dott. Geol. Paolo CAMBULI
N° 850 ORDINE GEOLOGI
REGIONE PIEMONTE

ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



TIMBRO:





Indice

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	INTERVENTO IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	5
3.1	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	6
4	VINCOLI GEOMORFOLOGICI.....	11
4.1	Direttiva alluvioni.....	11
4.2	SIFRAP – ARCHIVI ARPA.....	11
4.3	PRGC comune di Settimo Rottaro.....	13
4.4	Vincolo idrogeologico.....	14
5	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E GEOTECNICHE.....	15
5.1	Caratteristiche Geologiche.....	15
5.2	Geomorfologia.....	19
5.3	Caratteristiche Geotecniche.....	21
6	Le opere oggetto di verifica.....	21
6.1	Sezione Tipo “A”.....	22
6.2	Sezione Tipo “B”.....	23
6.3	Sezione tipo “C”.....	24
7	DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D’USO.....	25
7.1	Analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno.....	30
8	METODO E CODICI DI CALCOLO.....	31
9	CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	35
6.1.	Calcestruzzo armato.....	35
10	AZIONI.....	44
10.1	Carichi permanenti strutturali.....	44
10.2	Carichi permanenti non strutturali.....	44
10.3	Carichi variabili.....	44
11	COMBINAZIONI DI CARICO.....	45



12	MODELO DI CALCOLO E RISULTATI DELLE VERIFICHE.....	50
12.1	Sezione Tipo "A"	50
12.1.1	Geometria di modellazione	50
12.1.2	Sollecitazioni agenti.	52
12.1.3	Verifiche geotecniche.....	53
12.1.4	Verifiche strutturali	55
12.2	Sezione Tipo "B"	59
12.2.1	Geometria di modellazione	59
12.2.2	Sollecitazioni agenti.	61
12.2.3	Verifiche geotecniche.....	62
12.2.4	Verifiche strutturali	64
12.3	Sezione Tipo "C"	68
12.3.1	Geometria di modellazione	68
12.3.2	Sollecitazioni agenti.	69
12.3.3	Verifiche geotecniche.....	70
12.3.4	Verifiche strutturali	72
13	Conclusioni	75

1 PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Settimo Rottaro ha incaricato il sottoscritto Dott. Ing. Domenico Gabriele in qualità di rappresentante dello studio Sertec S.r.l con sede legale in Strada Provinciale 222 n.31 – 10010 Lorzanzè (TO), della redazione del progetto per la realizzazione dei lavori di “SERVIZIO DI PROGETTAZIONE PER MESSA IN SICUREZZA MURO DI SOSTEGNO VIA PASTRENGO/VIA S.CROCE – C.U.P.: J25F21000410001 – C.I.G.: Z7B31E5B82”.

Premessa all'incarico è la volontà dell'amministrazione comunale di intervenire la via Pastrengo e via S. Croce per allargare la strada.

La presente relazione illustra le verifiche geotecniche e strutturali del muro in progetto, l'inquadramento geologico, vincolistico dell'area interessata dalle opere in progetto.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

3 INTERVENTO IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Gli interventi in progetto sono localizzati nel comune di Settimo Rottaro (TO) nel incrocio tra la via Pastrengo e la via santa croce.

I lavori che si sono resi necessari a seguito di allungare la via Pastrengo nel incrocio con la via Santa croce, le opere consistono in:

- Allargamento stradale in via Pastrengo e via santa croce
- Muro in c.a con rivestimento in pietrame
- Realizzazione di nuovo ciglio Bitume.
- Scarifica di 3 cm su sede stradale attuale



Figura 1 - Inquadramento fotografico dello stato attuale



3.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il presente elaborato interessa gli interventi associati al allungamento della strada Pastrengo, ed hanno il seguente riscontro cartografico su Carta Tecnica Regionale CTR: 114160.

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

Geografiche	
Latitudine	45.406409 N
Longitudine	7.989786 E

Chilometriche	
Nord	5028595.248 m N
Est	420944.630 m E

L'altezza è di circa 242 m.

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

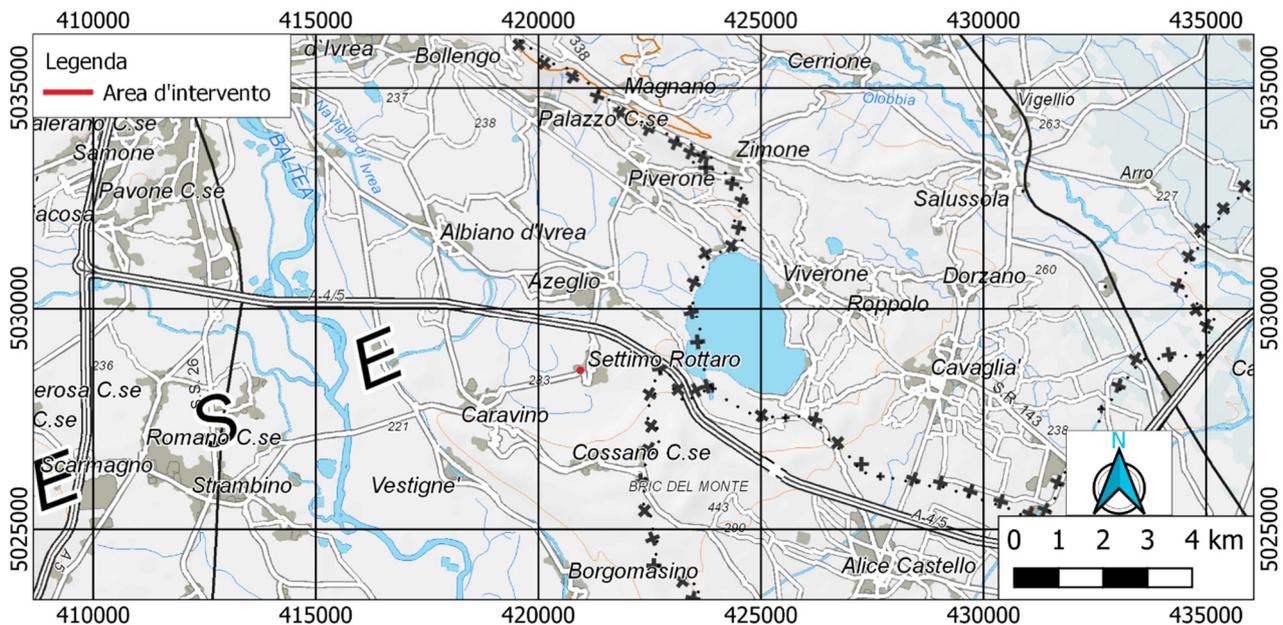


Figura 2 Inquadramento dell'area di intervento su sfumo in scala 1:250'000

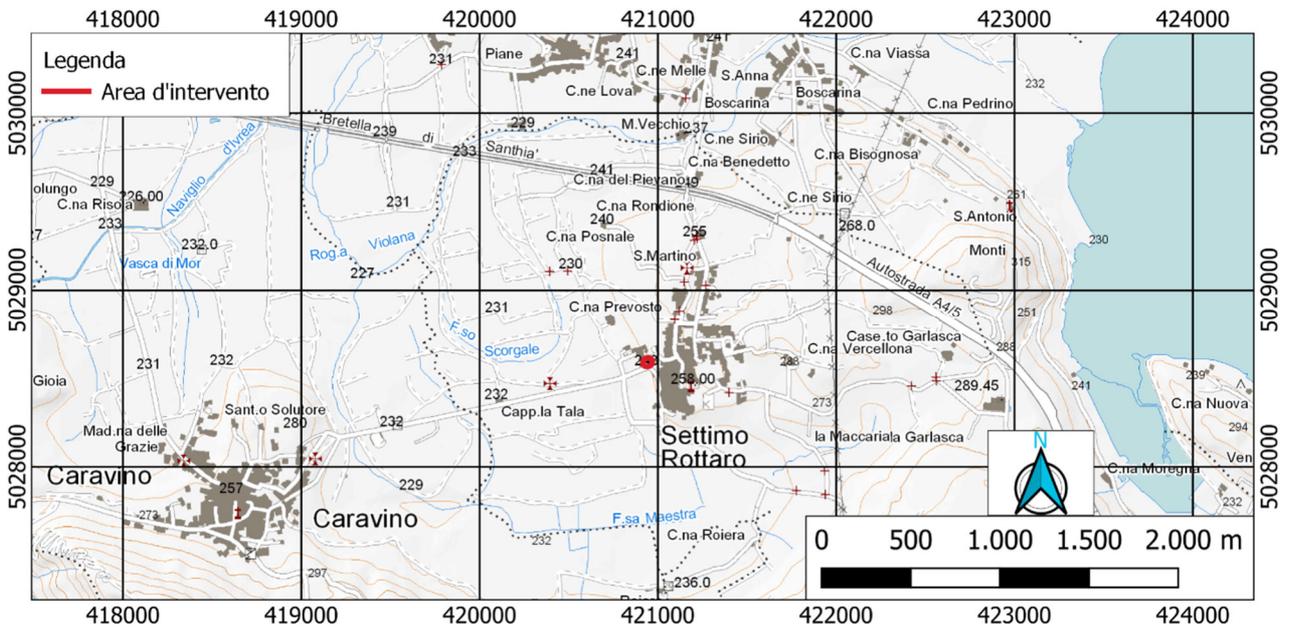


Figura 3 Inquadramento dell'area d'intervento su sfumo in scala 1:50'000

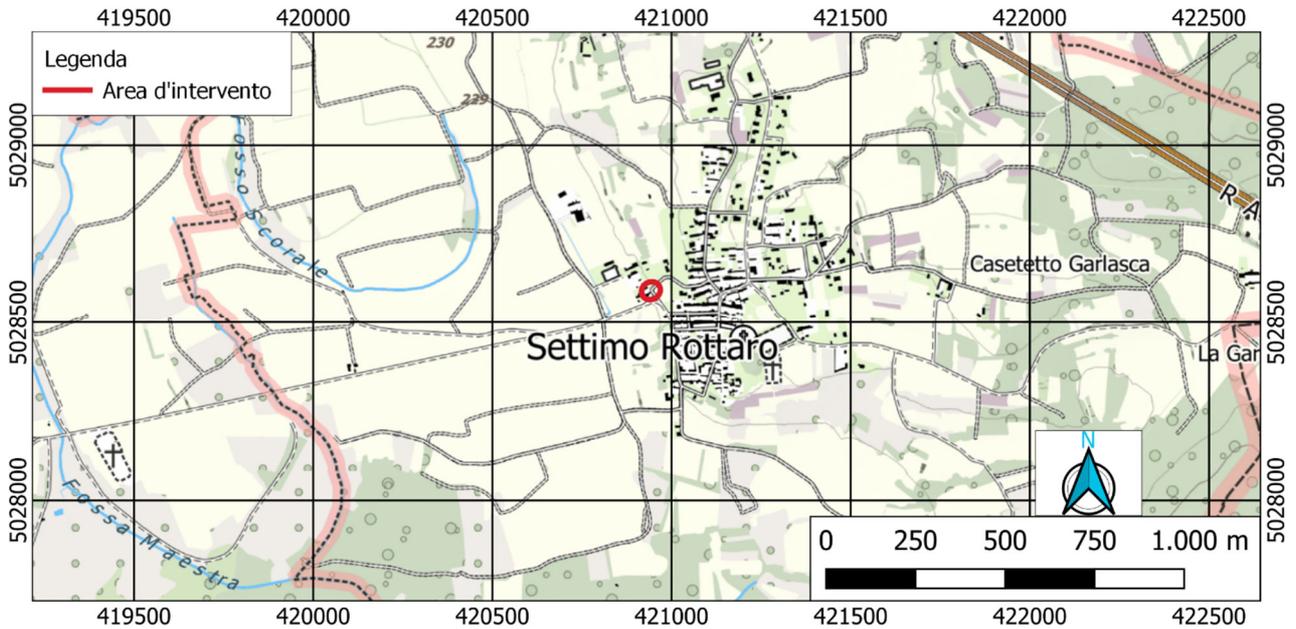


Figura 4 Inquadramento dell'area d'intervento su bdre 1:25000

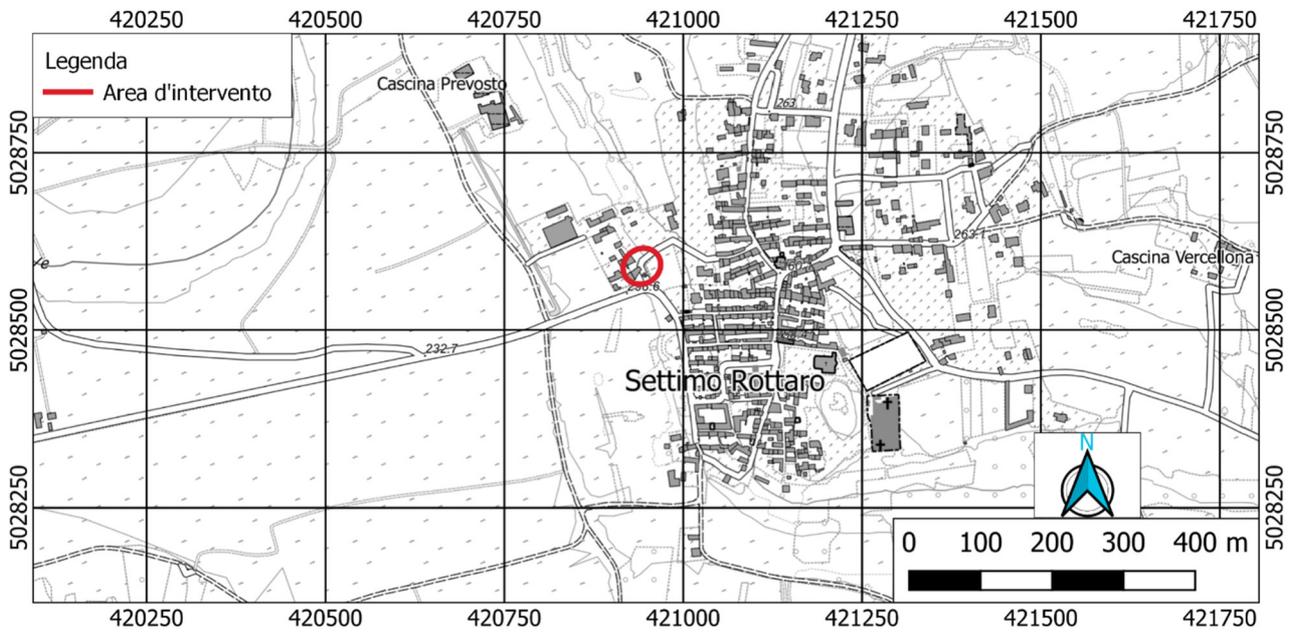


Figura 5 Inquadramento dell'area d'intervento su bdre 1:10000

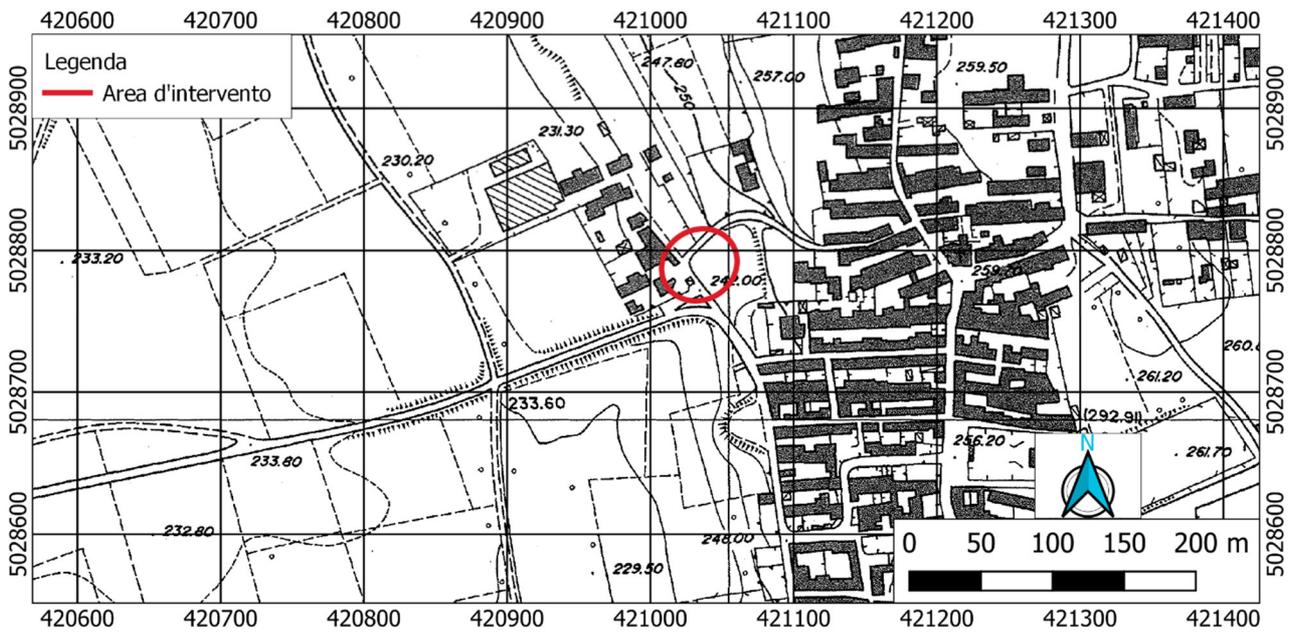


Figura 6 Inquadramento dell'area d'intervento su CTP 114162

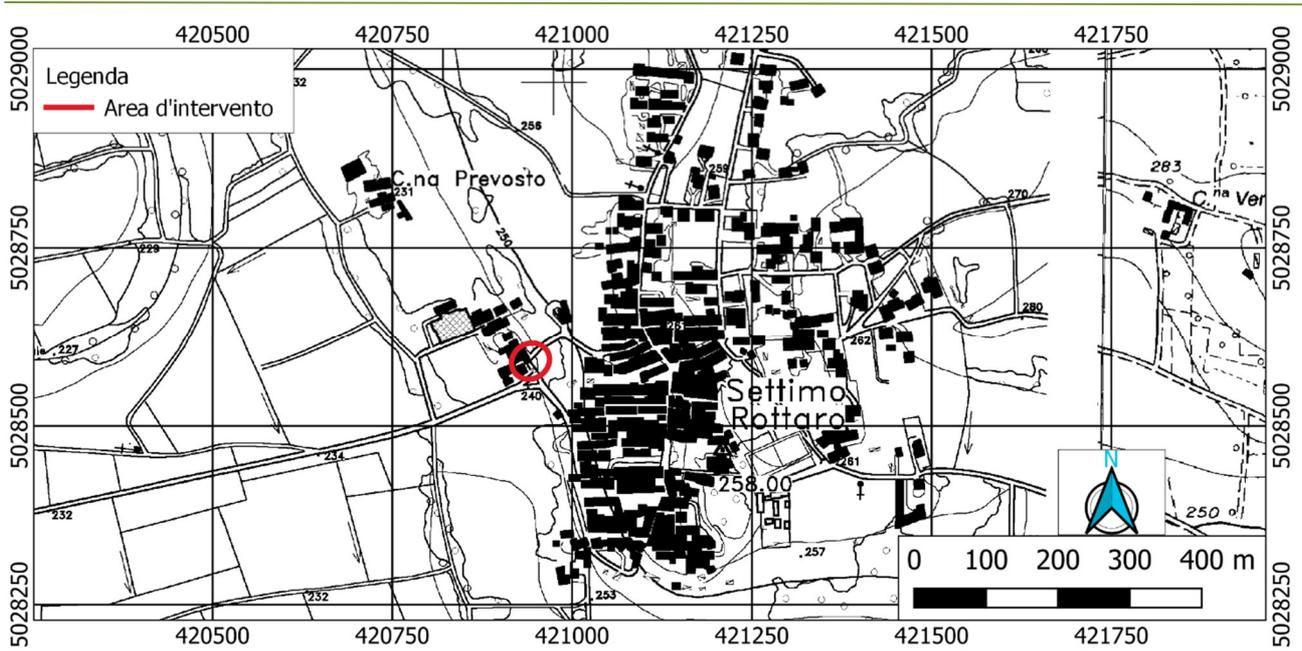


Figura 7 Inquadramento dell'area d'intervento su CTR 114160

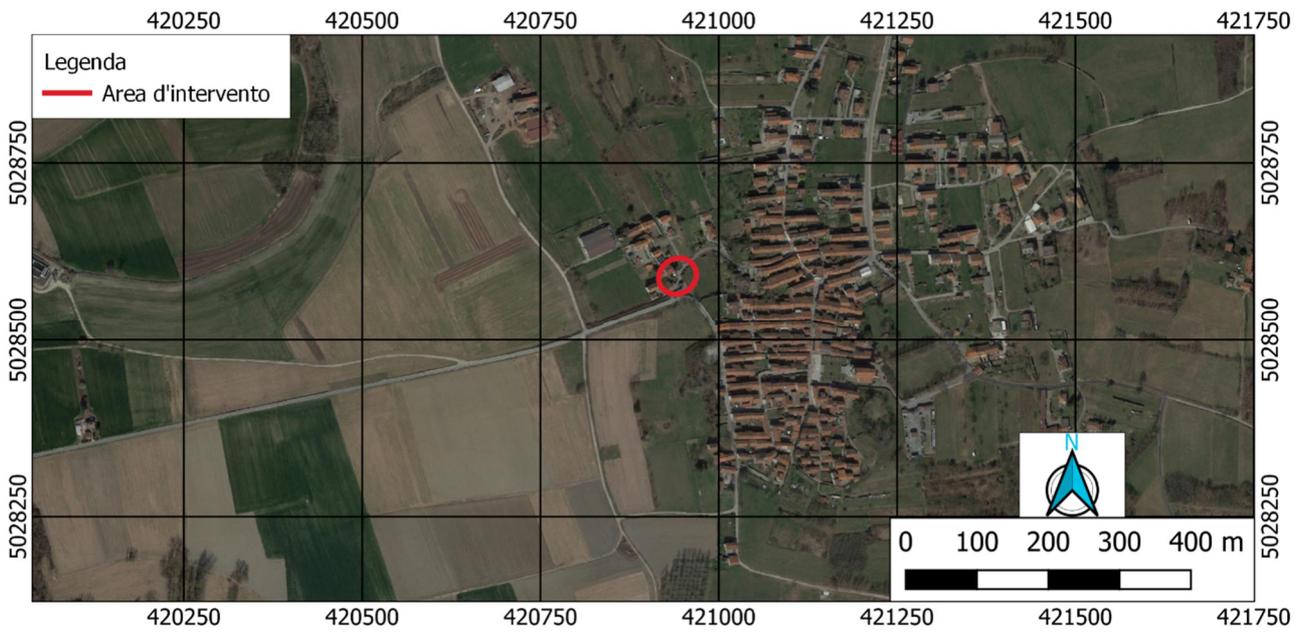


Figura 8 Ubicazione intervento su ortofoto

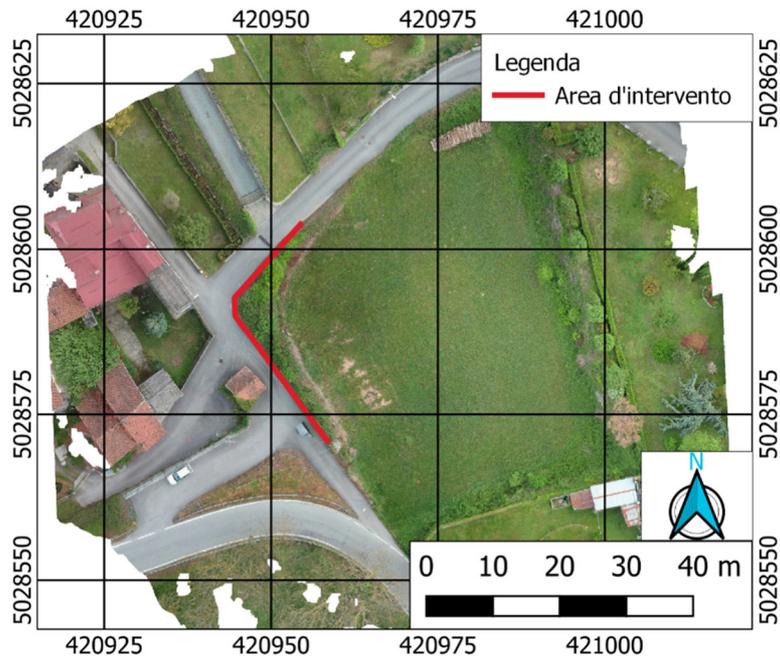


Figura 9 Ubicazione intervento su ortofoto - Drone

4 VINCOLI GEOMORFOLOGICI

Il comune di Settimo Rottaro ha adeguato il PRGC al PAI.

L'area interessata dai Lavori non è perimetrata.

Consultando 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 perimetrazioni inerenti il piano a fasce fluviale.

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

4.1 Direttiva alluvioni

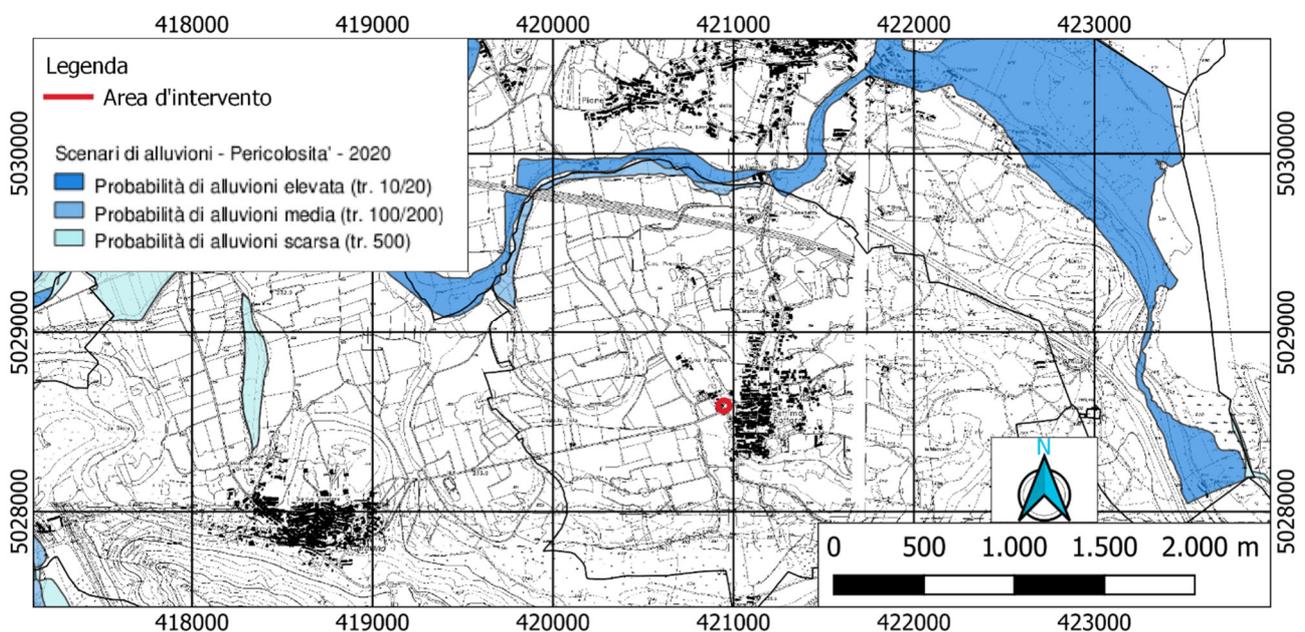


Figura 10: Estratto cartografico direttiva alluvioni

4.2 SIFRAP – ARCHIVI ARPA

Pur non avendo valenza prescrittiva si riportano le perimetrazioni degli archivi ARPA e del Sistema Informativo Frane Piemonte.

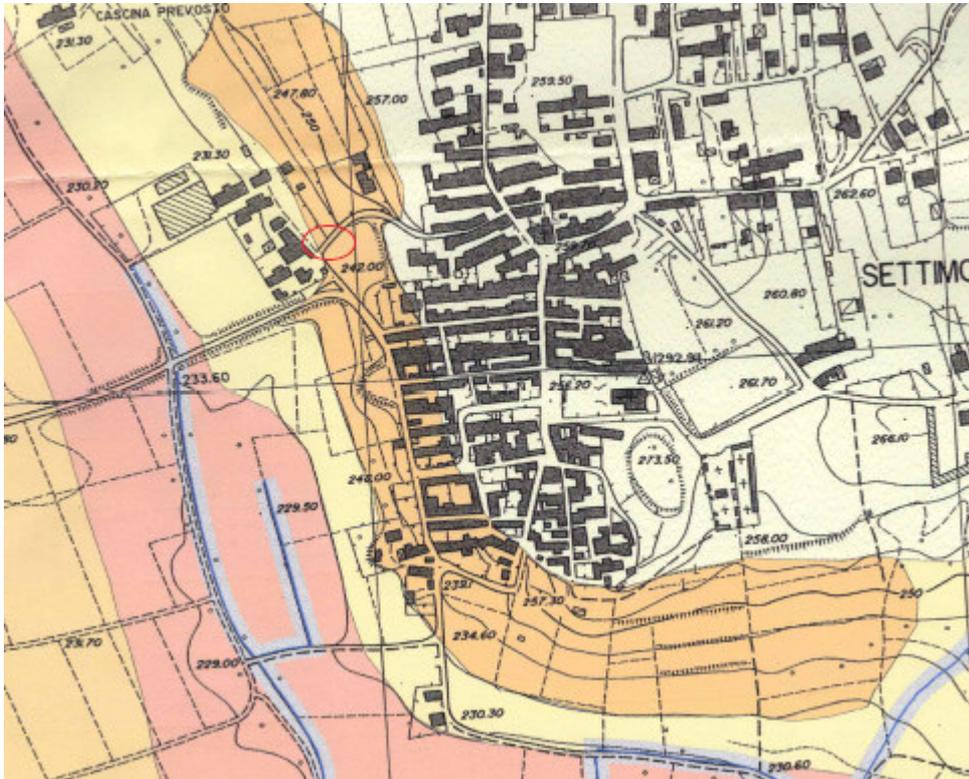


Dalla consultazione degli archivi SIFRAP e degli archivi Frane ARPA¹, in un intorno significativo non sono presenti segnalazione di fenomeni franosi che abbiano interessato in passato l'area.²

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

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

4.3 PRGC comune di Settimo Rottaro



MODERATA			
C L A S S E	A	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.	L'utilizzazione urbanistica è subordinata all'adozione e al rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11/03/88 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità.
	B	Il A: areali sommitali della cerchia morenica: presentano un suolo di potenza ridotta di colore giallo-bruno con scadenti caratteristiche geomeccaniche	
	C	IIB: Areali sui versanti ad acclività medio-bassa.	
	D	Il C: Areali sul fondovalle dove si rinviene la falda a quote prossime al piano campagna; possibile presenza di materiali a scadenti caratteristiche geomeccaniche	
II		Il D: areali sui versanti ad acclività medio-alta	Gli interventi in questi settori andranno corredati da una relazione geologico-tecnica che verifichi le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di posa delle fondazioni, la stabilità dei versanti, le situazioni di ristagno idrico superficiale e, quando presente, la soggiacenza della falda e le oscillazioni della stessa.

Figura 11: Estratto carta di sintesi

L'area oggetto degli interventi è classificata in classe IID della carta di Sintesi, gli interventi sono compatibili.



4.4 Vincolo idrogeologico

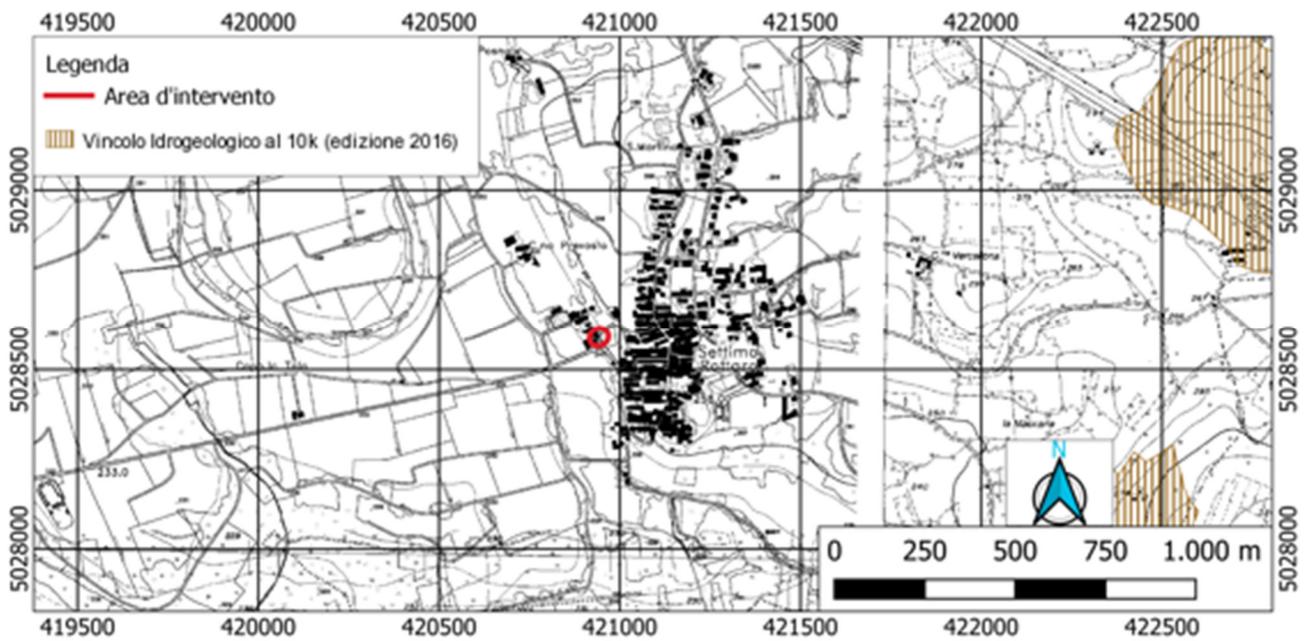


Figura 12: Perimetrazioni vincolo idrogeologico.

Il settore oggetto degli interventi, **non ricade** tra quelli perimetrati ai sensi della normativa del vincolo idrogeologico, L.R. 45/1989.

5 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E GEOTECNICHE

5.1 Caratteristiche Geologiche

A scala generale, l'area oggetto dello studio, ricade all'interno delle litologie formatesi nel Pleistocene. L'intervento, consultando la Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 ricade all'interno della seguente litologia:

- M^R: Depositi morenici

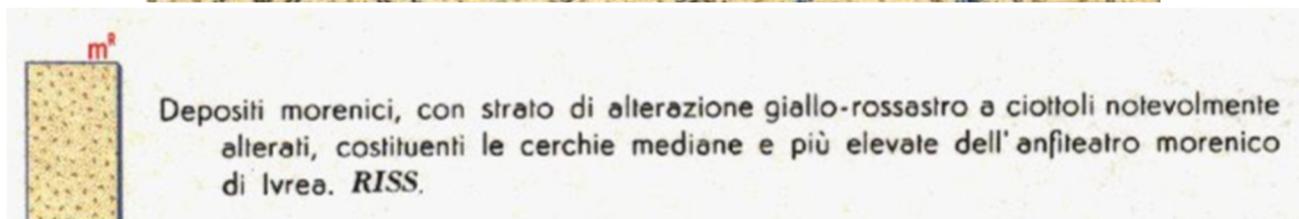


Figura 13 – Estratto della Carta Geologica d'Italia scala 1:100'000 – Area d'intervento in rosso

**SCHEMA GEOLOGICO
 DELL'ANFITEATRO MORENICO DI IVREA**

Estratto dalla Carta Geologica d'Italia, Fogli 42 "Ivrea", 43 "Biella", 56 "Torino", 57 "Vercelli"

Scala 1:100.000

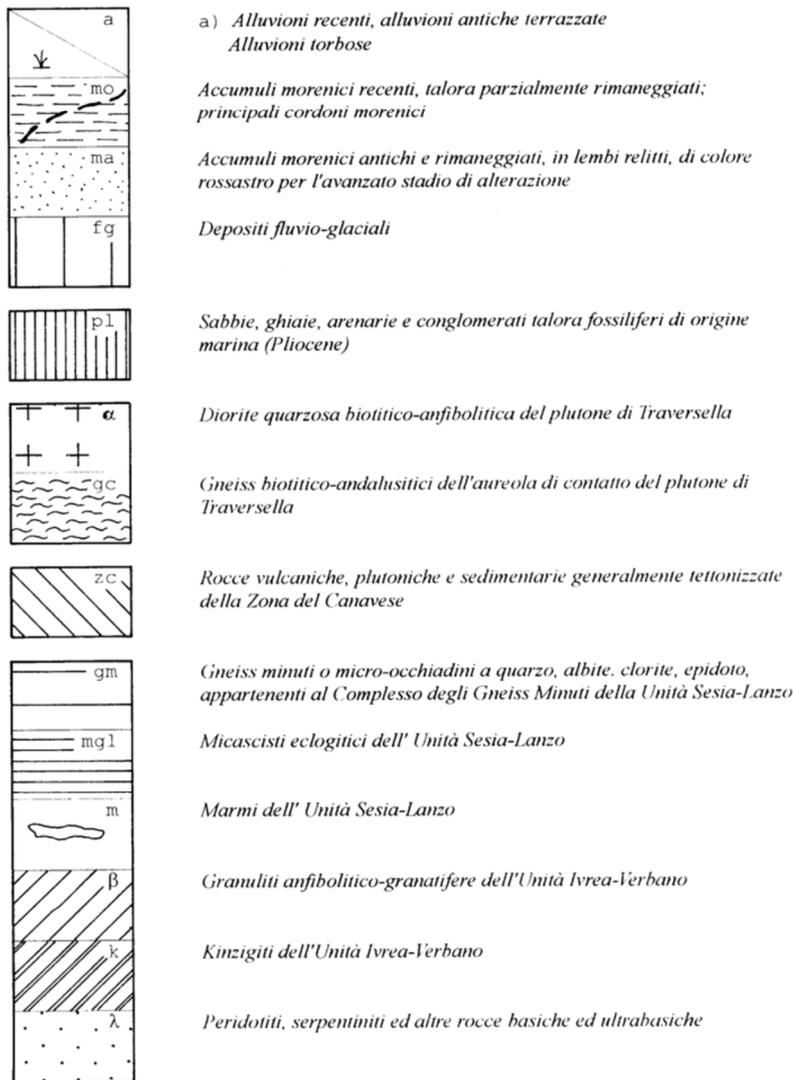


Figura 14 – Estratto della Carta Geologica d'Italia scala 1:100'000 – Anfiteatro morenico di Ivrea- Area d'intervento in rosso

Come riportato nella relazione geologica messa a disposizione dal comune di Arzeglio: *Il settore collinare è rappresentato da una dorsale morenica caratterizzata da due cordoni morenici con andamento sub-parallelo con andamento NO-SE che s'interseca, all'altezza della sponda sud-occidentale del Lago di Viverone-Azeglio, con le cerchie frontali dell'Anfiteatro morenico. Tra i due cordoni è presente una depressione*



intermorenica (scaricatore glaciale) con andamento sub-parallelo a quello dei cordoni. Più in dettaglio, i rilievi morenici che costituiscono il territorio di Azeglio e Settimo Rottaro nella porzione centrale e all'estremità SE appartengono ad una fase intermedia delle tre pulsazioni glaciali, rappresentata dal Gruppo della Serra (Pleistocene medio).

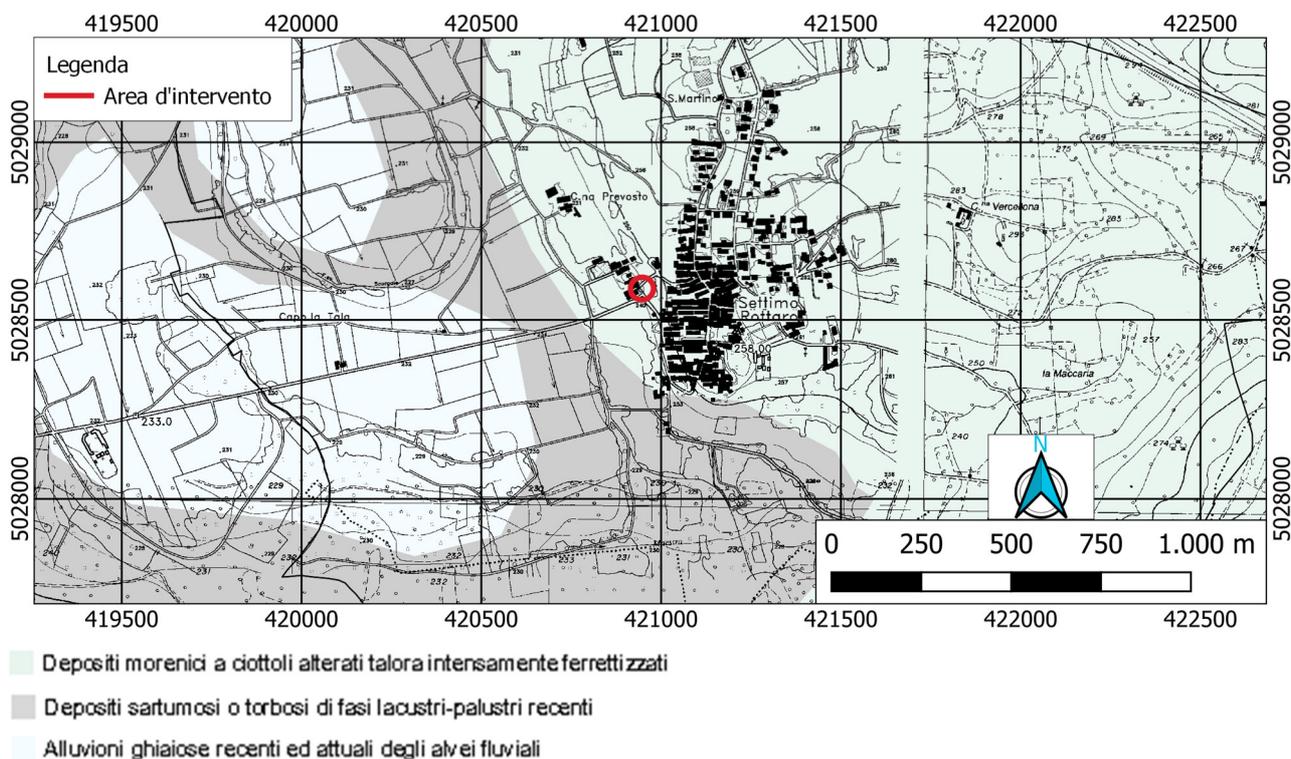


Figura 15: Estratto carta litogico- Giacimentologica³

Dalla Carta Litogico – Giacimentologica, gli interventi si trova in un settore caratterizzato da Depositi morenici a ciottoli alterati talora intensamente ferrettizzati

Tralasciando la descrizione delle caratteristiche generali dell'assetto geologico e strutturale in generale del territorio del comune di Settimo Rottaro. Nello specifico il area di intervento è caratterizzata dalla presenza di depositi morenici del *Gruppo della Serra*

³ Carta Litogico-giacimentologica, Aquater/Regione Piemonte, 1988. Si tratta di una elaborazione (derivata dalla "Carta Geologica d'Italia" in scala 1:100.000) attraverso un processo di accorpamento di litotipi che, pur essendo differenti dal punto di vista geologico, presentano caratteristiche simili sotto il profilo dell'impiego nei comparti edilizio ed industriale. Le informazioni così ricavate sono state integrate con i dati puntuali delle attività estrattive esistenti (della Regione Piemonte) e con approfondimenti reperiti in bibliografia. Per le aree più significative si è anche proceduto a verifiche attraverso rilievi diretti. Il significato conoscitivo del dataset è importante per l'approfondimento delle problematiche relative alla pianificazione estrattiva.

5.2 Geomorfologia

La carta altimetrica e la carta di pendenza evidenziano la formazione di *La morena in questo punto è stata erosa dalla Roggia Violana che settore pianeggiante occupale porzioni di territorio che si sviluppa ad Est e nord e a sud-ovest, solcate dalla Roggia Violana. Esse sono costituite prevalentemente da materiali fluvioglaciali, alluvionali, lacustri e palustri organizzati in strati e lenti sovrapposti a testimoniare il susseguirsi di fasi glaciali ed interglaciali nel corso del Quaternario. L'anfiteatro morenico, abbandonato dal ghiacciaio rissiano, al suo ritiro, aveva bloccato il normale deflusso delle acque verso la pianura padana aperta⁴*

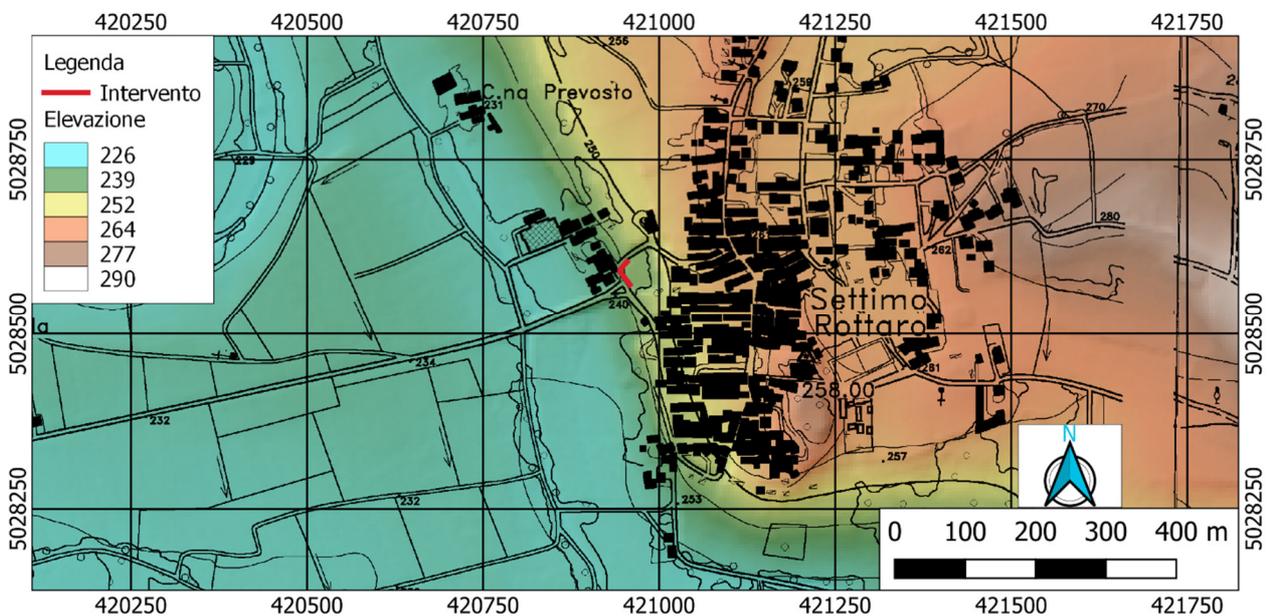


Figura 16: Carta altimetrica

La carta delle pendenze mette in evidenza come il settore studiato presenta una pendenza compresa tra 15 % -25 % .

⁴ Relazione geologica tecnica – Comune Azeglio - Circolare della Regione Piemonte 7/lap e s.m.i. L.R. n°56 del 5/12/1977 e s.m.i.

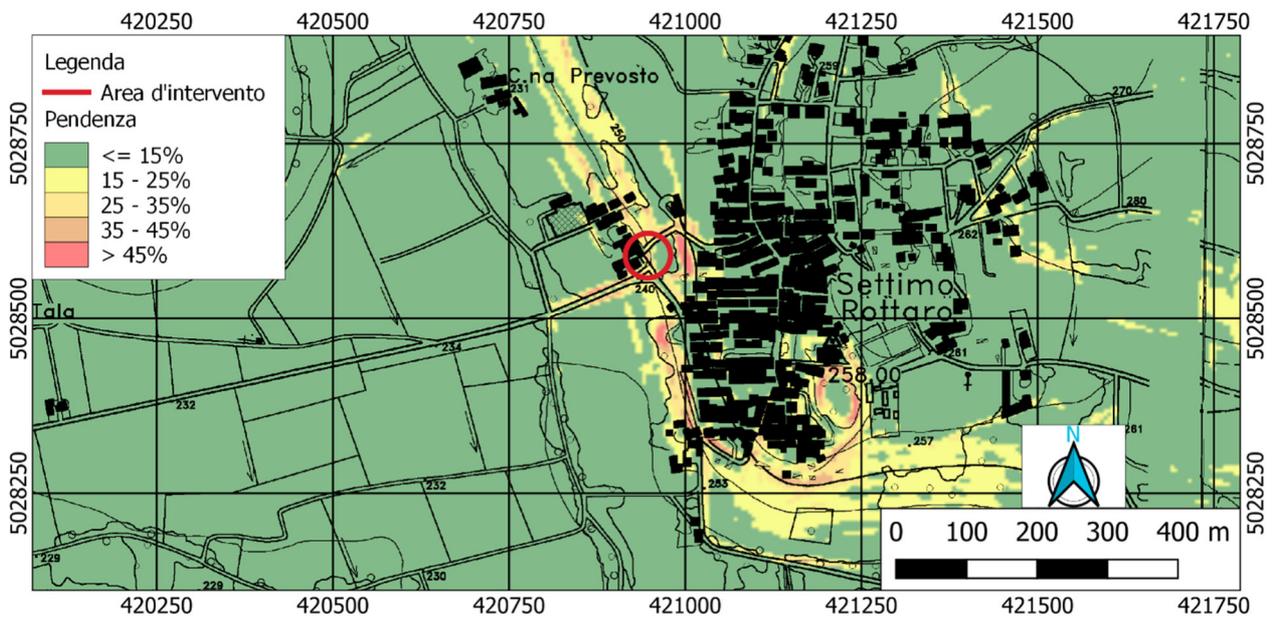


Figura 17: Carta delle pendenze

5.3 Caratteristiche Geotecniche

Sulla base dell'analisi dei dati di bibliografia, delle conoscenze pregresse su depositi morenici 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 presenti.

Descrizione	Peso unità di volume secco [kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [kg/m ³]	Angolo d'Attrito [°]	Coesione [kPa]
Riempimento	1750	1961	30	0
Depositi morenici	1850	1961	30	5

Tabella 1 Parametri geotecnici

6 Le opere oggetto di verifica

L'intervento consiste nella costruzione di un muro di sostegno funzionale all'allargamento della strada, via Pastrengo. L'intervento si divide in 4 tratti e 3 tipi di sezioni, come si riporta di seguito.

- Tratto 1 e tratto 3, hanno una sezione del Tipo A
- Tratto 2, ha una sezione del Tipo B
- Tratto 4, ha una sezione del Tipo C.

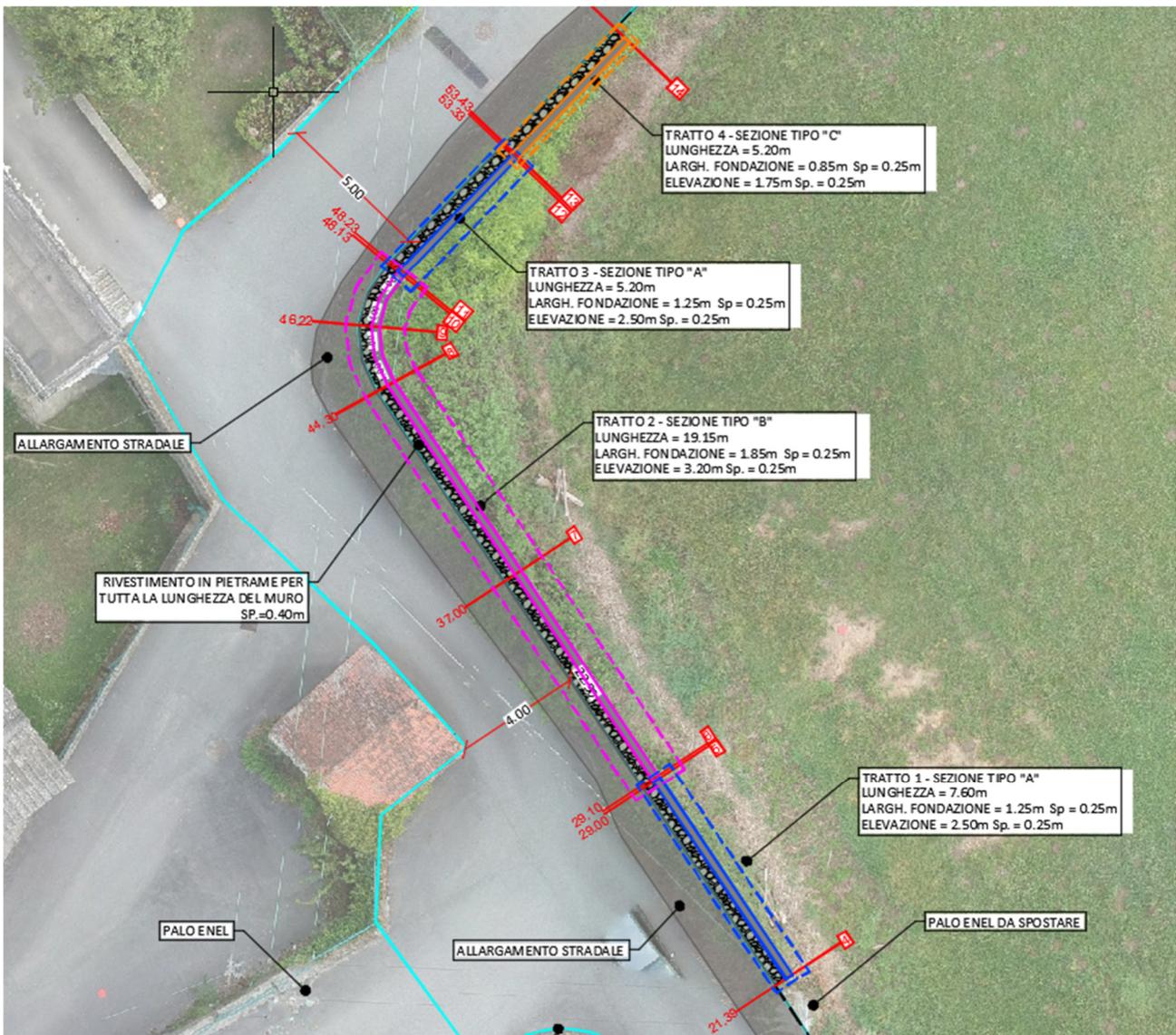


Figura 18: Planimetria progetto "Tav.03_Planimetria_progetto"

6.1 Sezione Tipo "A"

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un'opera di contenimento nel **tratto 1** e **tratto 3**, di un muro in c.a con rivestimento in pietrame di larghezza pari 0.40 m.

Il muro per la sezione di tipo A in c.a. presenta uno sviluppo longitudinale di circa 7.60 m nel tratto 1 e di 5.20 m nel Tratto 3, ed una sezione costante: paramento di altezza 2.50 m e larghezza 0.25 m; fondazione di larghezza 1.25 m con mensola di valle e mensola di monte di 0.50 m e spessore 0.25 m.

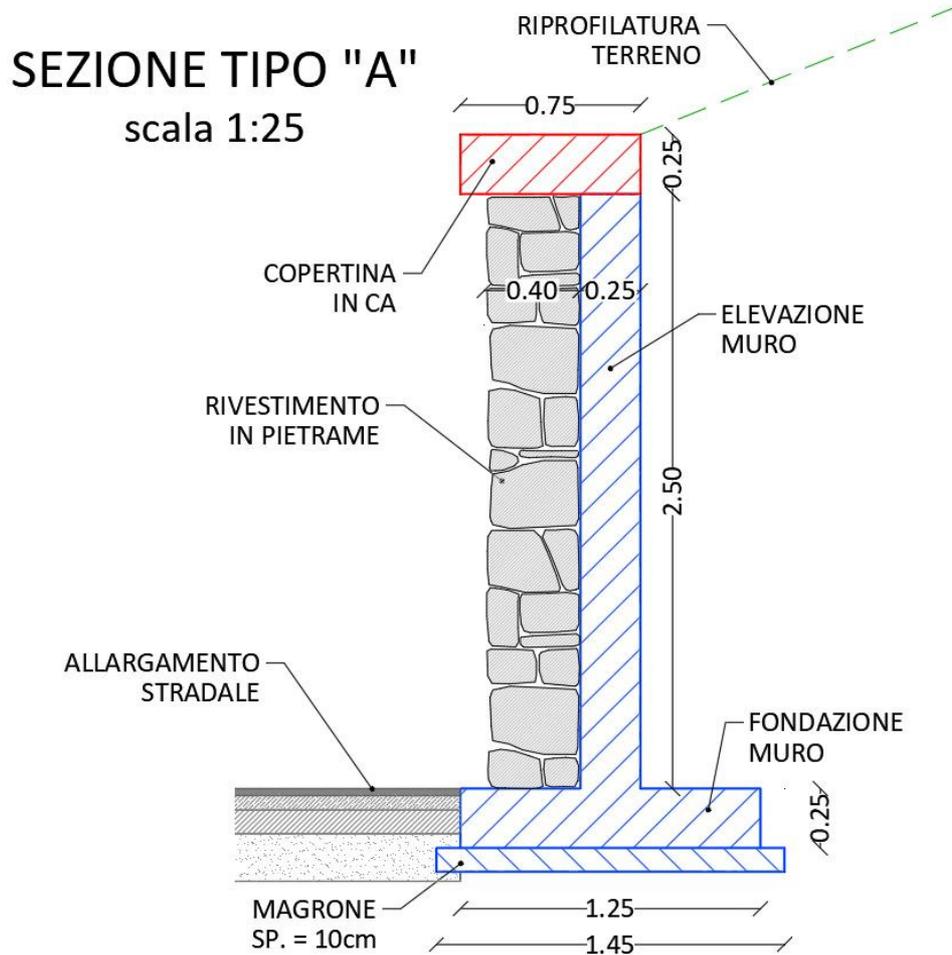


Figura 19: Sezione tipo A

6.2 Sezione Tipo "B"

Nel **tratto 2** (L=19.15 m) è prevista la realizzazione di un muro in c.a con rivestimento in pietrame larghezza pari 0.40 m.

Il muro in c.a. avrà un'altezza di 3.20 m, uno spessore in testa pari a 0.25 m ed inclinazione del paramento pari a 0°. La fondazione sarà realizzata in calcestruzzo armato, avrà una larghezza totale di 1.85 metri ed altezza pari a 0.25 m.



SEZIONE TIPO "B" scala 1:25

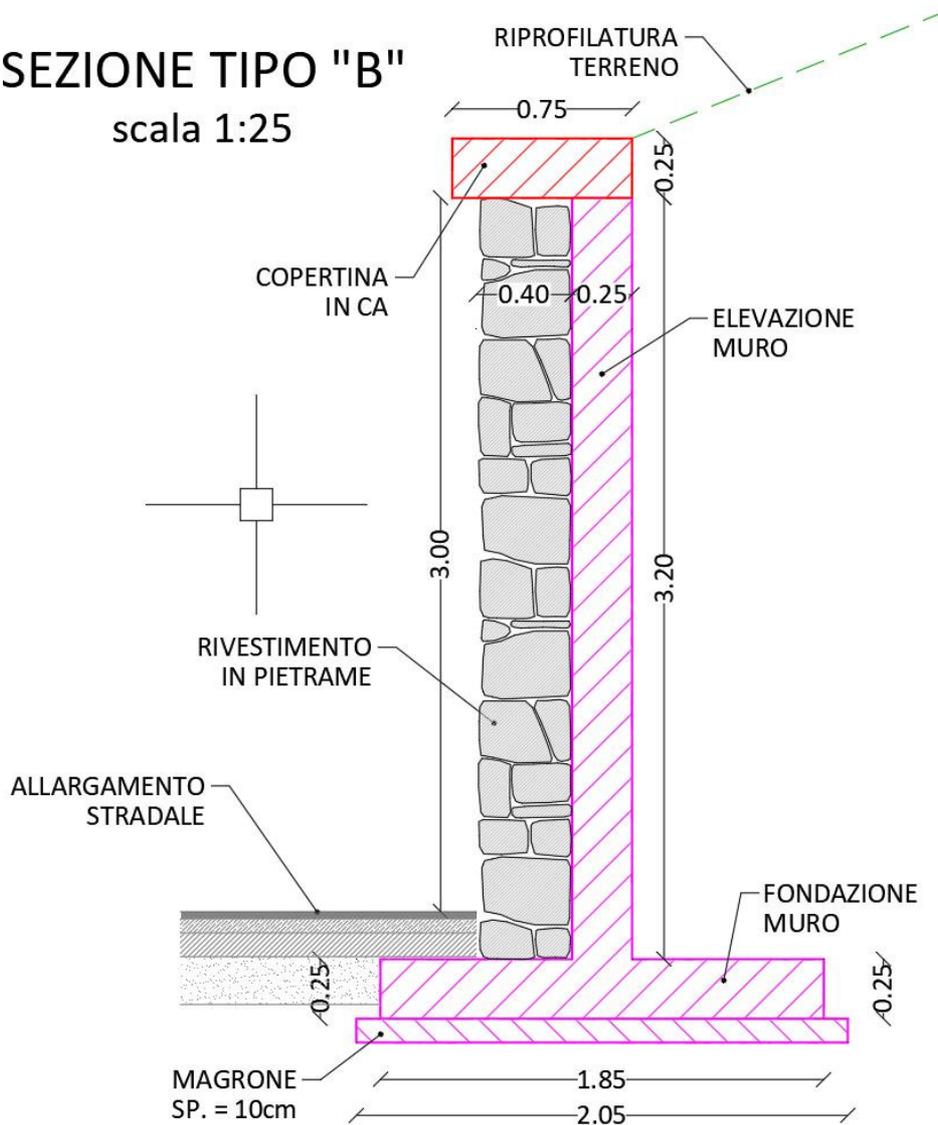


Figura 20: Sezione tipo B

6.3 Sezione tipo "C"

Nel tratto 4 (L=5.20 m) è prevista la realizzazione di un muro in c.a con rivestimento in pietrame larghezza pari 0.40 m.

Il muro in c.a. avrà un'altezza di 1.75 m, uno spessore in testa pari a 0.25 m ed inclinazione del paramento pari a 0°. La fondazione sarà realizzata in calcestruzzo armato, avrà una larghezza totale di 0.85 metri ed altezza pari a 0.25 m.

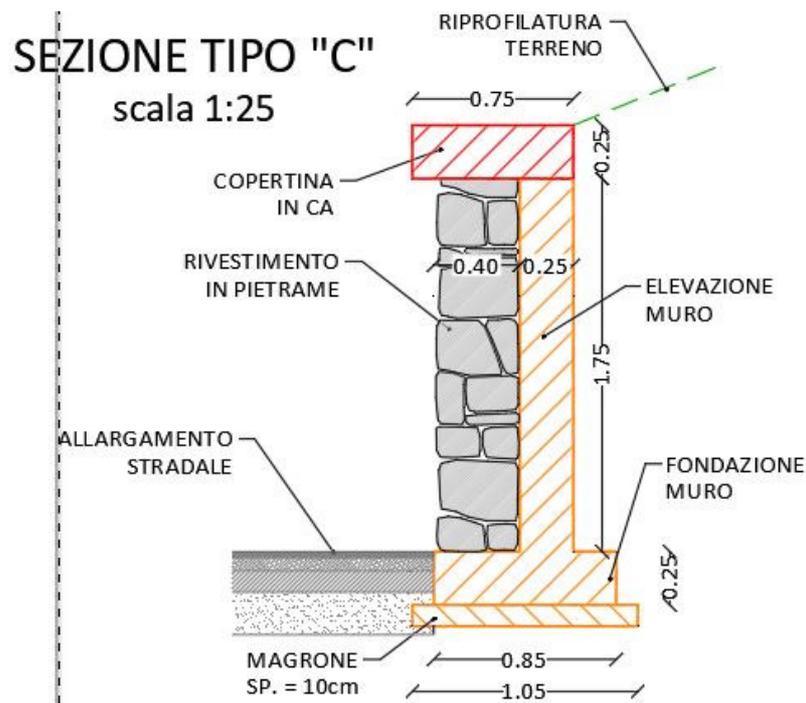


Figura 21: Sezione tipo "C"

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.

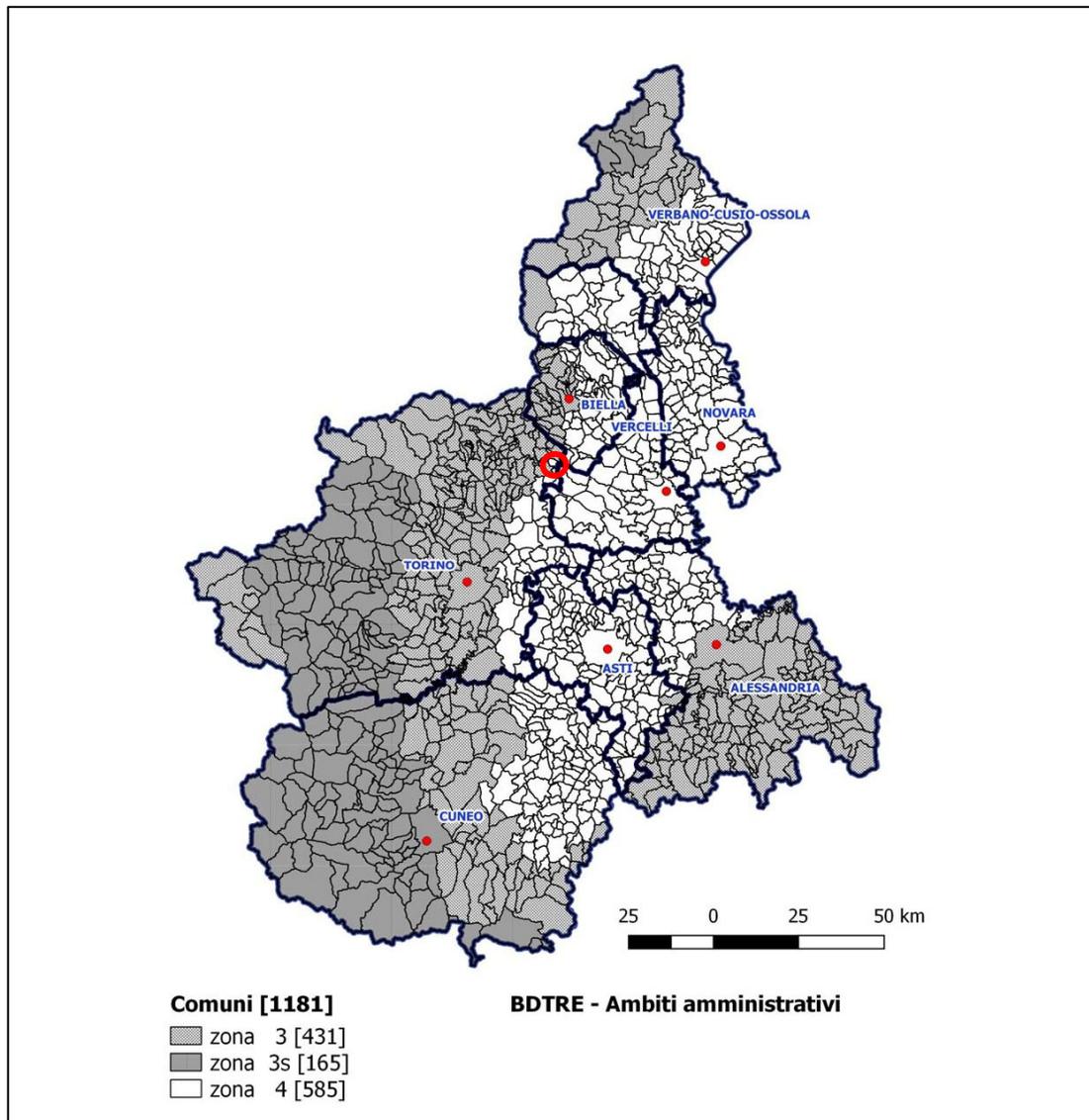


Figura 22 - Mappatura delle aree sismiche in Piemonte.

Il Comune di Settimo Rottaro (TO) rientra tra le aree classificate in **Zona 4: Zona con pericolosità sismica molto bassa.**

Regione		PIEMONTE
Provincia		TORINO
Comune		Settimo Rottaro
Coordinate Geografiche del cantiere	Latitudine	45°406409 N
	Longitudine	7°989786 E
Altitudine		242 m s.l.m.
Zona sismica		ZONA 4
Tipo di opera	TAB. 2.4.1 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 2 – Dati della struttura e zona sismica

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

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

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



	T_R [anni]	a_g [m/s ²]	F_0 [-]	T_c [s]
SLO	30	0.165	2.598	0.163
SLD	50	0.199	2.583	0.177
SLV	475	0.393	2.636	0.284
SLC	975	0.471	2.668	0.301

Tabella 3 - Parametri sismici di progettazione

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \times W$ ed $F_v = k_v \times W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

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

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:

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

A favore di sicurezza, per il caso in studio, è stata considerata la categoria topografica T1, alla quale corrisponde il massimo coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.0 (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 5 – 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	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Tabella 6 – Espressioni di S_s Tabella 3.2.IV D.M. 17/01/2018

La seguente tabella riepiloga i coefficienti sismici calcolati:

a_g SLV	0.393
S_t coefficiente di amplificazione topografica	1.0
S_s coefficiente di amplificazione stratigrafica	1.8

Tabella 7 - Parametri per la definizione dell'azione sismica



7.1 Analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno

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

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

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

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 15.0 durante il calcolo delle verifiche di stabilità delle opere.

- Sezione Tipo "A"

Calcolo Bm secondo Circolare 21/01/2019 n° 7 C.S.LL.PP. (par C7.11.6.2)				
AgCrit = 1,904 [m/s ²]		Amax = 0,708 [m/s ²]		$\beta_{m,critico} = 2,690$
Verifica SLV		Bm	Kh [%]	Kv [%]
•	Scorrimento	0,380	2,742	1,371
	Carico limite, stabilità globale e verifiche strutturali	1,000	7,216	3,608
	Ribaltamento	1,000	7,216	3,608

Tabella 8 – Calcolo di β_m secondo Circolare 21/01/2019 n. 7°

- Sezione Tipo "B"

Calcolo Bm secondo Circolare 21/01/2019 n° 7 C.S.LL.PP. (par C7.11.6.2)				
AgCrit = 1,648 [m/s ²]		Amax = 0,708 [m/s ²]	β _{m,critico} = 2,328	
Verifica SLV		Bm	Kh [%]	Kv [%]
•	Scorrimento	0,380	2,742	1,371
	Carico limite, stabilità globale e verifiche strutturali	1,000	7,216	3,608
	Ribaltamento	1,000	7,216	3,608

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

- Sezione Tipo "C"

Calcolo Bm secondo Circolare 21/01/2019 n° 7 C.S.LL.PP. (par C7.11.6.2)				
AgCrit = 3,101 [m/s ²]		Amax = 0,708 [m/s ²]	β _{m,critico} = 4,381	
Verifica SLV		Bm	Kh [%]	Kv [%]
•	Scorrimento	0,380	2,742	1,371
	Carico limite, stabilità globale e verifiche strutturali	1,000	7,216	3,608
	Ribaltamento	1,000	7,216	3,608

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

8 METODO E CODICI DI CALCOLO

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

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

- Individuazione della classe d'uso dell'opera e della sua vita utile;
- Definizione delle azioni agenti in condizioni statiche e dinamiche attraverso l'individuazione delle condizioni di carico;
- Predisposizione delle combinazioni di carico, con i relativi coefficienti di combinazione allo SLU, SLE, SLV, SLD;



-
- Analisi dell'involuppo delle azioni agenti;
 - Dimensionamento degli elementi strutturali e verifica della funzionalità delle strutture progettate.

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

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

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

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

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

- Combinazione 2: (A2 + M2 + R2)

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

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

Ai sensi del par. 6.5.3.1.1 delle NTC/2018, la verifica del muro 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)*
 - o scorrimento sul piano di posa;

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

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo. Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I. Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con il programma di modellazione Max 15, 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
- Verifica a sifonamento
- Verifica a sollevamento
- 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.

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del 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.

9 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

6.1. 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 11 - 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		
<p>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> <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		
<p>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:</p> <p>Nota In riferimento alle condizioni di umidità vedere anche sezione 2 del presente prospetto.</p>		
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		
<p>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:</p>		
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: - 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 12 – 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 13 - 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 14 - 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 15 - 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 $\sigma - \epsilon$ di tipo parabola - rettangolo mentre per l'acciaio d'armatura il modello $\sigma - \epsilon$ di tipo elastico - perfettamente plastico.

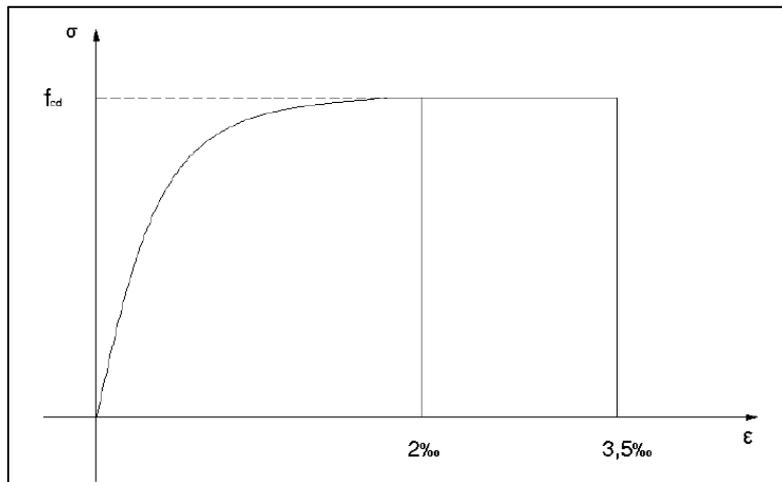


Figura 23 - Diagramma di calcolo parabola – rettangolo per il calcestruzzo compresso

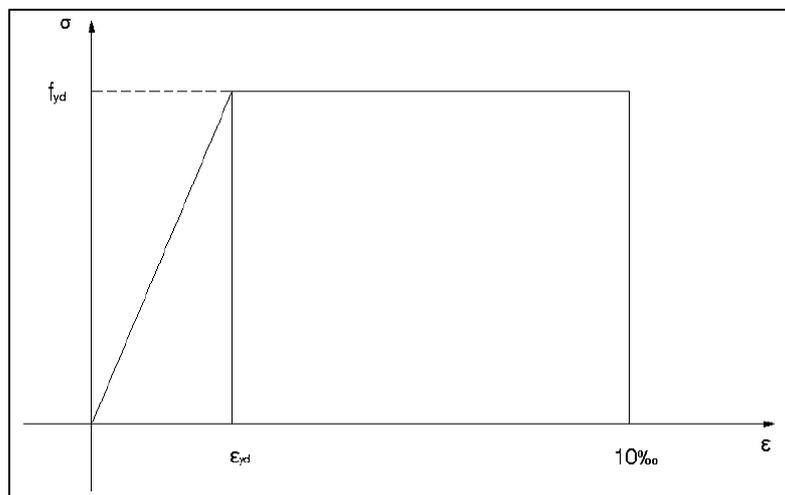


Figura 24 - Diagramma di calcolo elastico – perfettamente plastico per l'acciaio delle barre di armatura

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 16 - 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 17 - 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 18 – Materiali

Calcestruzzo C25/30

Tipo di calcestruzzo		C25/30
Rck calcestruzzo	(daN/cm ²)	300
Modulo elastico	(daN/cm ²)	314472
Resistenza caratteristica cilindrica (Fck)	(daN/cm ²)	249
Resistenza caratteristica a trazione (Fctk)	(daN/cm ²)	18
Resistenza media (Fcm)	(daN/cm ²)	329
Resistenza media a trazione (Fctm)	(daN/cm ²)	26

Tabella 19 - Caratteristiche calcestruzzo C25/30

Acciaio B450C

Tipo di acciaio		B450C
Modulo elastico	(daN/cm ²)	2060000
Tensione caratteristica di snervamento (Fyk)	(daN/cm ²)	4500
Tensione media di snervamento (Fym)	(daN/cm ²)	4500

Tabella 20 - Caratteristiche acciaio B450C



10 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 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/m^3 .

10.2 Carichi permanenti non strutturali

Non insistono carichi permanenti non strutturali se non la spinta attiva del terreno stesso di cui sono stati riportati i parametri geotecnici al capitolo 5.

10.3 Carichi variabili

Sui tratti stradali si considera nelle verifiche un carico variabile corrispondente al rivestimento di 66 kN/m^2 .

11 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico utilizzate sono quelle previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni. 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;

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

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

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione



Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	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
Condizione 1	1.00	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
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - 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	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - 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
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - 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
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - 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	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - 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
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole



Combinazione n° 9 - 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
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - 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° 11 - SLEF

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° 12 - SLEQ

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° 13 - SLEQ H + V

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 - SLEQ H - V

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° 15 - 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
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - 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
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole



12 MODELO DI CALCOLO E RISULTATI DELLE VERIFICHE

Le verifiche sono state eseguite con il software di calcolo MAX 15.0 per ogni sezione di Tipo. A seguire si riportano i risultati ottenuti.

12.1 Sezione Tipo "A"

12.1.1 Geometria di modellazione

Il muro per la sezione di tipo A in c.a. ha una sezione costante: paramento di altezza 2.50 m e larghezza 0.25 m; fondazione di larghezza 1.25 m con mensola di valle e mensola di monte di 0.50 m e spessore 0.25 m.

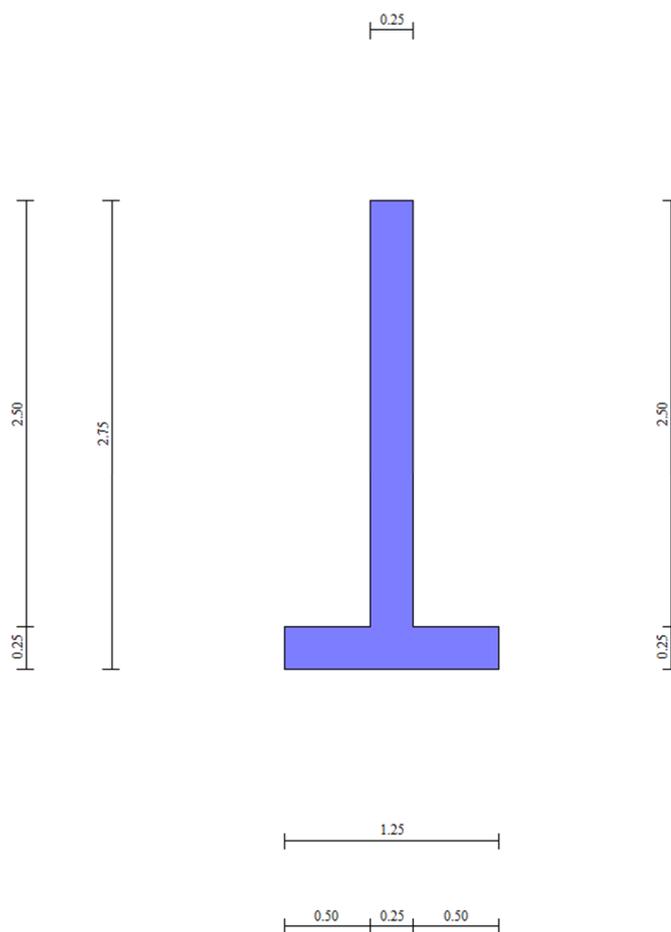


Figura 25. Estratto dal software di calcolo – Max-15.0 -Geometria muro di sostegno.

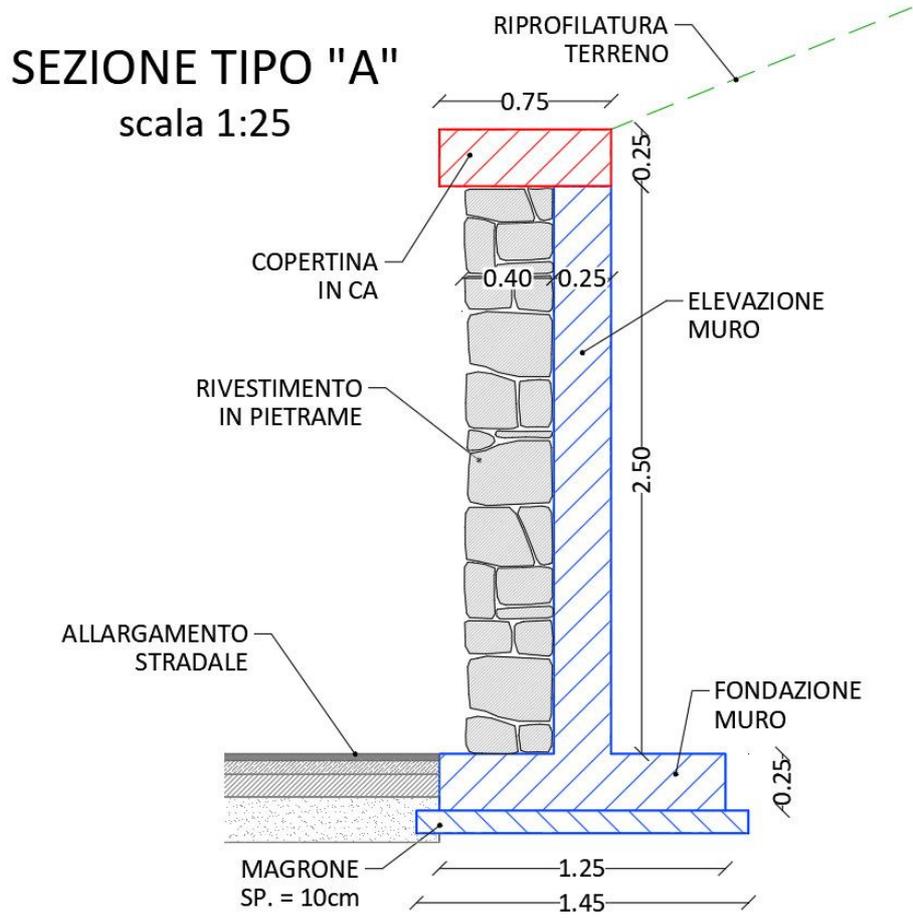


Figura 26: Sezione tipo A

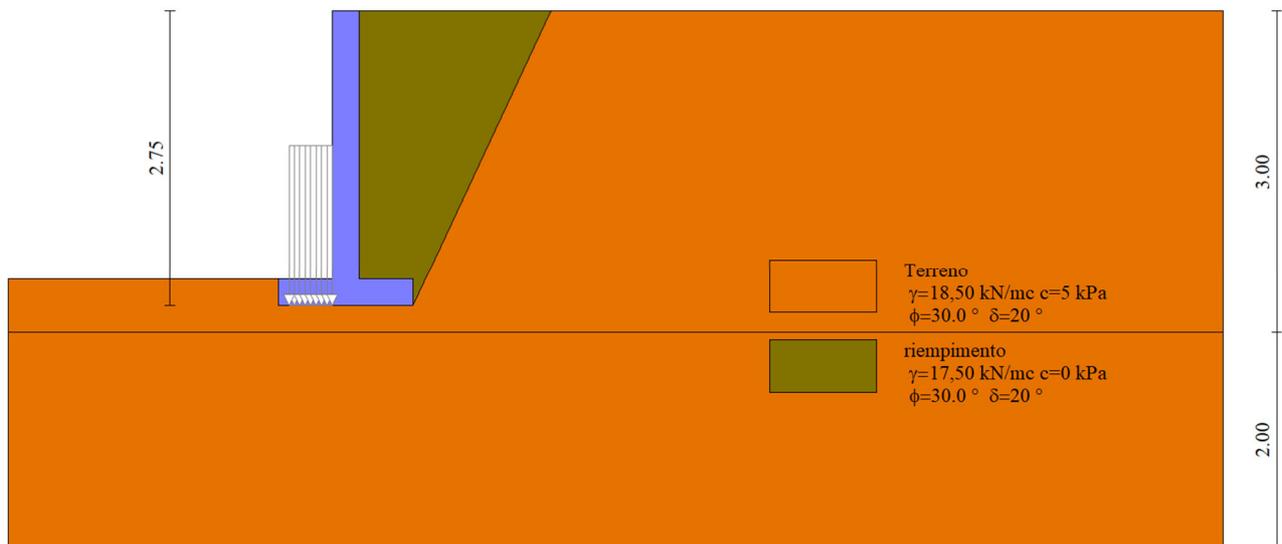


Figura 27. Estratto dal software di calcolo – Max 15.0 – Sezione di verifica

12.1.2 Sollecitazioni agenti.

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno.

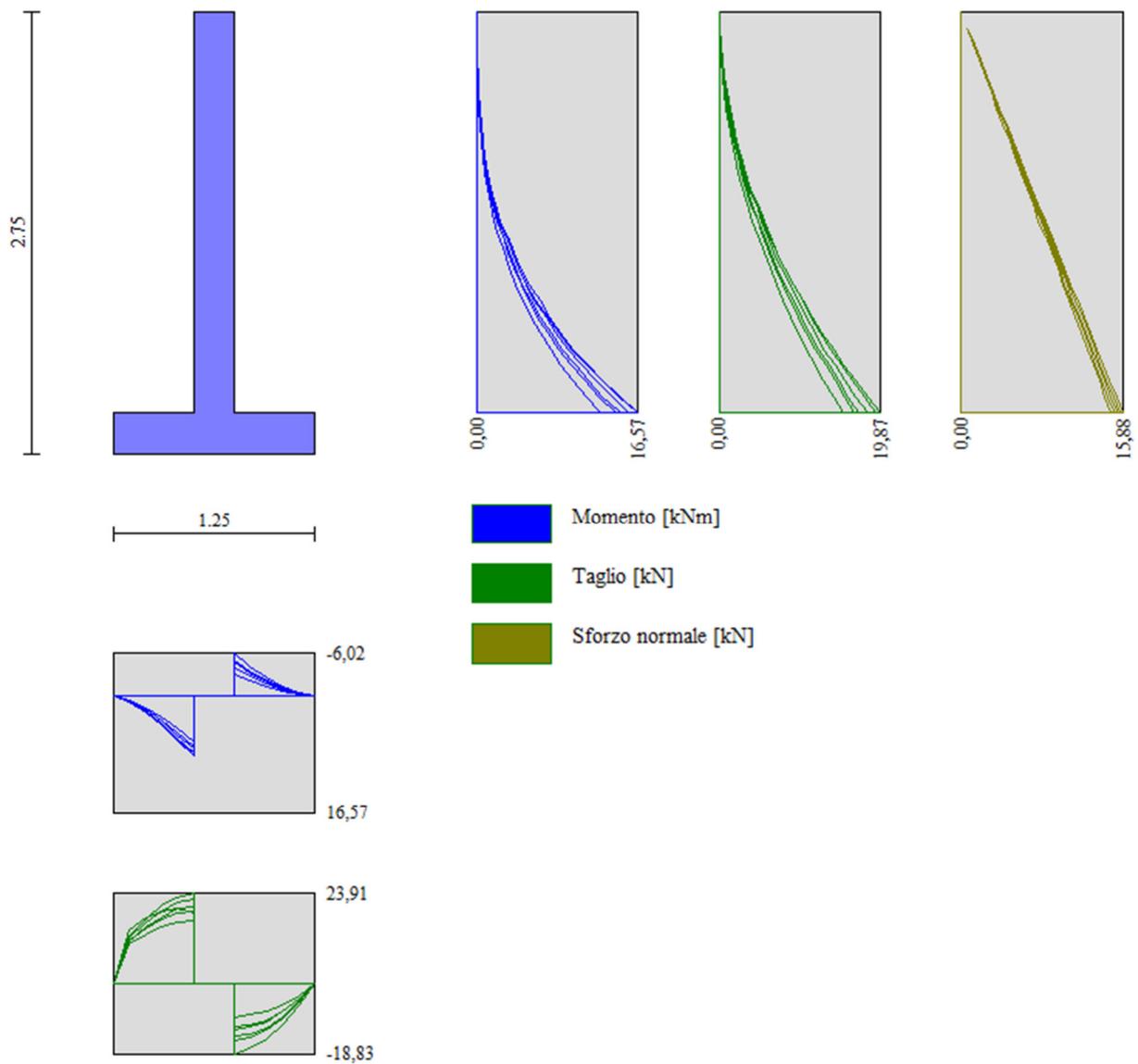


Figura 28. Involuppo momento, taglio e sforzo normale sul paramento e fondazione.

12.1.3 Verifiche geotecniche

Carico limite

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione

N_c, N_q, N_γ Fattori di capacità portante

i_c, i_q, i_γ Fattori di inclinazione del carico

d_c, d_q, d_γ Fattori di profondità del piano di posa



r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore

N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kg]

Q_u carico limite del terreno, espresso in [kg]

Q_d Portanza di progetto, espresso in [kg]

FS Fattore di sicurezza a carico limite

n°	Nc	ic	dc	Re	r_γ	N [kg]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
	Nq Ny	iq iy	dq dy						
1	30.140	0.721	1.087	0.573	1.000	92,59	130,33	93,09	1.408
	18.401	0.721	1.043						
	15.668	0.300	1.043						
2	30.140	0.678	1.087	0.570	1.000	80,00	116,58	97,15	1.457
	18.401	0.678	1.043						
	15.668	0.221	1.043						
3	30.140	0.680	1.087	0.563	1.000	76,31	115,81	96,51	1.518
	18.401	0.680	1.043						
	15.668	0.225	1.043						

Ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

M_s Momento stabilizzante, espresso in [kgm]

M_r Momento ribaltante, espresso in [kgm]

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

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
7 - EQU (A1-M1-R3)	58,28	21,55	2.705
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	54,37	22,86	2.379
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	52,50	23,03	2.280

Scorrimento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

R_{sa} Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kg]

R_{pt} Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kg]

R_{ps} Resistenza passiva sperone, espresso in [kg]

R Resistenza allo scorrimento (somma di $R_{sa}+R_{pt}+R_{ps}+R_p$), espresso in [kg]

T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg]

FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	36,67	0	0	36,67	22,33	1.642
15 - A1-M1-R3 SCOR H + V	31,68	0	0	31,68	19,32	1.640
16 - A1-M1-R3 SCOR H - V	31,17	0	0	31,17	18,84	1.654

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	2.28 (9)
Verifica allo scorrimento	1.64 (15)
Verifica al carico limite	1.41 (1)
Verifica alla stabilità globale	1.73 (4)

Tabella 21 - Risultati delle verifiche geotecniche

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

- Ribaltamento: $FS_{RIB} > FS_{NORM}$ (=1.15)
- Scorrimento: $FS_{SCO} > FS_{NORM}$ (=1.10)
- Carico limite: $FS_{CL} > FS_{NORM}$ (=1.40)
- Stabilità globale: $FS_{SG} > FS_{NORM}$ (=1.20)

12.1.4 Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Simbologia adottata ed unità di misura

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area ferri inferiori espressa in [cmq]
A_{fs}	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
M_u	momento ultimi espressa in [kgm]
N_u	sforzo normale ultimo espressa in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

Base sezione	$B = 100$ cm
Altezza sezione	$H = 25$ cm



n°	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
3	0,000616	0,000616	0,02	1,27	43,45	3303,89	2601.332
4	0,000616	0,000616	0,05	1,91	76,18	3128,13	1641.965
5	0,000616	0,000616	0,10	2,54	104,60	2709,93	1066.836
6	0,000616	0,000616	0,18	3,18	125,71	2249,40	708.430
7	0,000616	0,000616	0,29	3,81	137,96	1809,96	475.025
8	0,000616	0,000616	0,44	4,45	140,74	1412,93	317.849
9	0,000616	0,000616	0,64	5,08	124,46	987,41	194.360
10	0,000616	0,000616	0,89	5,72	104,36	670,90	117.385
11	0,000616	0,000616	1,19	6,35	89,71	476,89	75.096
12	0,000616	0,000616	1,56	6,99	80,60	360,24	51.571
13	0,000616	0,000616	2,00	7,62	73,67	280,74	36.840
14	0,000616	0,000616	2,51	8,26	68,87	226,44	27.430
15	0,000616	0,000616	3,10	8,89	65,43	187,52	21.092
16	0,000616	0,000616	3,78	9,53	62,86	158,43	16.632
17	0,000616	0,000616	4,55	10,16	60,88	135,98	13.383
18	0,000616	0,000616	5,42	10,80	59,31	118,22	10.951
19	0,000616	0,000616	6,39	11,43	58,04	103,89	9.089
20	0,000616	0,000616	7,47	12,07	57,00	92,12	7.635
21	0,000616	0,000616	8,66	12,70	56,14	82,32	6.481
22	0,000616	0,000616	9,98	13,34	55,41	74,06	5.553
23	0,000616	0,000616	11,42	13,97	54,78	67,02	4.797
24	0,000616	0,000616	13,00	14,61	54,25	60,97	4.175
25	0,000616	0,000616	14,71	15,24	53,79	55,73	3.657
26	0,000616	0,000616	16,56	15,32	53,21	49,24	3.214

Fondazione

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 25 cm

n°	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	0,000616	0,000616	0,73	0,00	48,86	0,00	67.357
3	0,000616	0,000616	2,32	0,00	48,86	0,00	21.065
4	0,000616	0,000616	4,16	0,00	48,86	0,00	11.755
5	0,000616	0,000616	6,15	0,00	48,86	0,00	7.947
6	0,000616	0,000616	8,49	0,00	48,86	0,00	5.755
7	0,000616	0,000616	-6,02	0,00	-48,86	0,00	8.122
8	0,000616	0,000616	-4,18	0,00	-48,86	0,00	11.684
9	0,000616	0,000616	-2,53	0,00	-48,86	0,00	19.291
10	0,000616	0,000616	-1,20	0,00	-48,86	0,00	40.721
11	0,000616	0,000616	-0,31	0,00	-48,86	0,00	155.815
12	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000

Verifiche a taglio

Simbologia adottata ed unità di misura

I_s	indice sezione
Y	ordinata sezione espresso in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espresso 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' espresso in [kg]
V_{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espresso 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 espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 25$ cm

I_s°	A_{sw} [mq]	V_{Rcd} [kN]	V_{Rsd} [kN]	V_{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	0,00	0,00	0,00	122,58	0,00	100.000
2	0,00	0,00	0,00	122,66	0,07	1664.562
3	0,00	0,00	0,00	122,74	0,21	594.957
4	0,00	0,00	0,00	122,82	0,40	309.285
5	0,00	0,00	0,00	122,90	0,65	190.371
6	0,00	0,00	0,00	122,98	0,95	129.165
7	0,00	0,00	0,00	123,06	1,32	93.444
8	0,00	0,00	0,00	123,14	1,74	70.768
9	0,00	0,00	0,00	123,22	2,22	55.468
10	0,00	0,00	0,00	123,30	2,76	44.655
11	0,00	0,00	0,00	123,38	3,36	36.730
12	0,00	0,00	0,00	123,46	4,02	30.746
13	0,00	0,00	0,00	123,54	4,73	26.118
14	0,00	0,00	0,00	123,62	5,50	22.465
15	0,00	0,00	0,00	123,70	6,33	19.529
16	0,00	0,00	0,00	123,78	7,22	17.136
17	0,00	0,00	0,00	123,86	8,17	15.158
18	0,00	0,00	0,00	123,90	9,19	13.485
19	0,00	0,00	0,00	123,97	10,30	12.037
20	0,00	0,00	0,00	124,05	11,48	10.810
21	0,00	0,00	0,00	124,13	12,72	9.762
22	0,00	0,00	0,00	124,20	14,02	8.860
23	0,00	0,00	0,00	124,28	15,38	8.078
24	0,00	0,00	0,00	124,36	16,81	7.396
25	0,00	0,00	0,00	124,44	18,31	6.797
26	0,00	0,00	0,00	124,51	19,87	6.268



Fondazione

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 25 cm

n°	A _{sw} [mq]	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	0,00	0,00	0,00	122,58	0,00	100.000
2	0,00	0,00	0,00	122,58	-14,29	8.578
3	0,00	0,00	0,00	122,58	-17,37	7.055
4	0,00	0,00	0,00	122,58	-20,42	6.002
5	0,00	0,00	0,00	122,58	-22,74	5.391
6	0,00	0,00	0,00	122,58	-23,91	5.127
7	0,00	0,00	0,00	122,58	-18,83	6.509
8	0,00	0,00	0,00	122,58	-17,63	6.951
9	0,00	0,00	0,00	122,58	-15,13	8.103
10	0,00	0,00	0,00	122,58	-11,31	10.834
11	0,00	0,00	0,00	122,58	-6,19	19.789
12	0,00	0,00	0,00	122,58	0,00	100.000

12.2 Sezione Tipo "B"

12.2.1 Geometria di modellazione

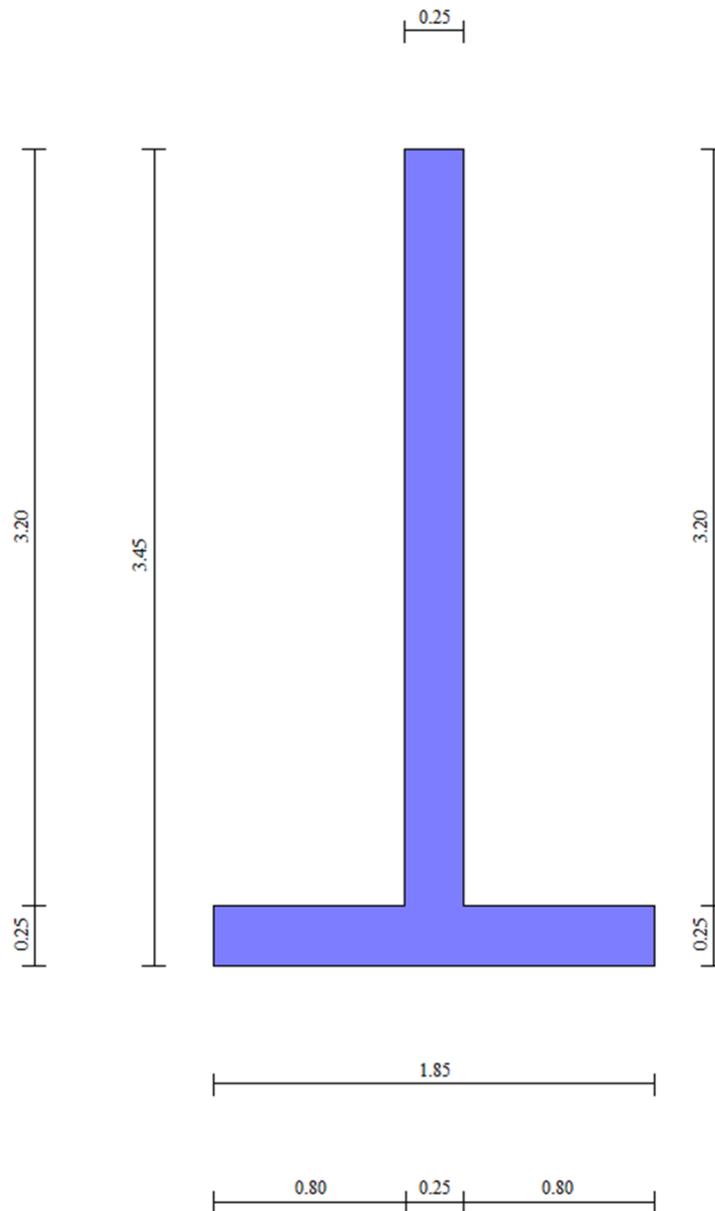


Figura 29. Estratto dal software di calcolo - Max-15.0 -Geometria muro di sostegno.



SEZIONE TIPO "B" scala 1:25

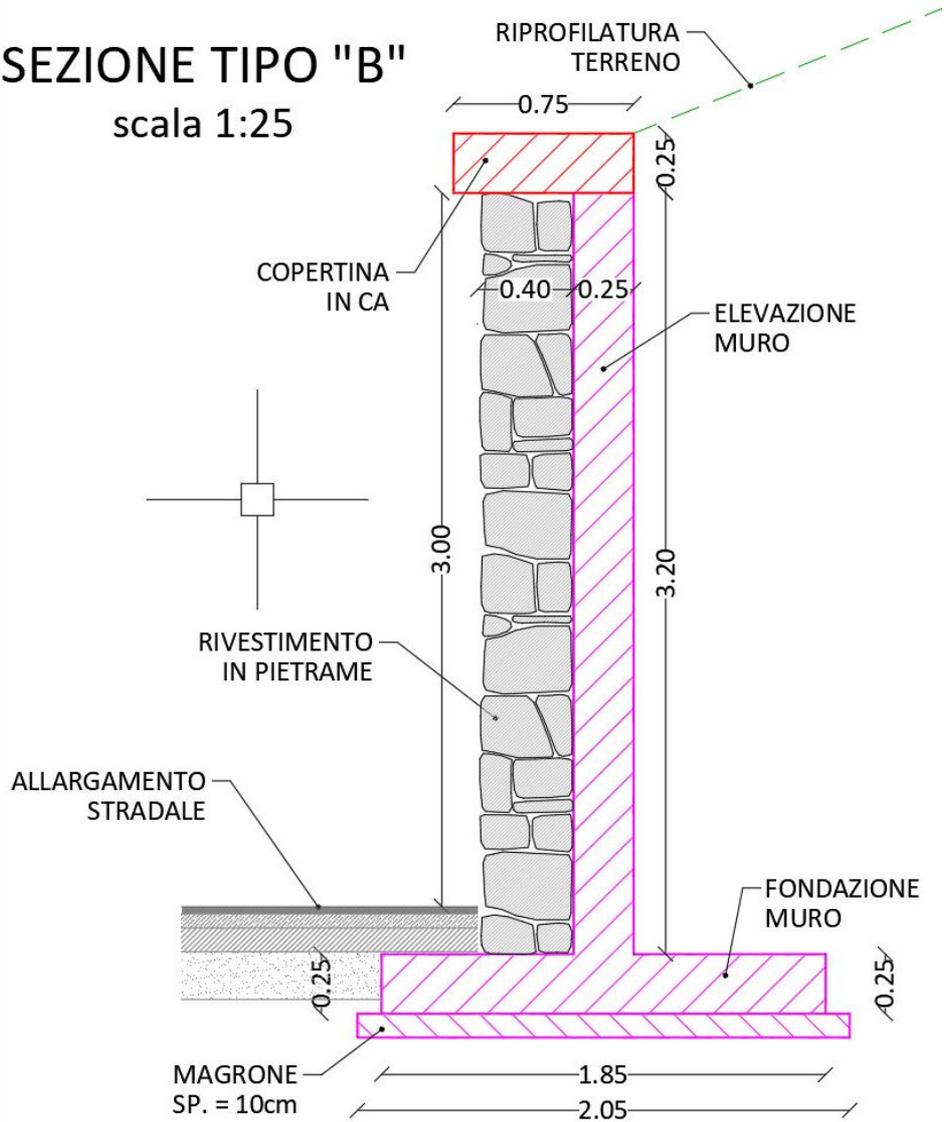


Figura 30: Sezione tipo B

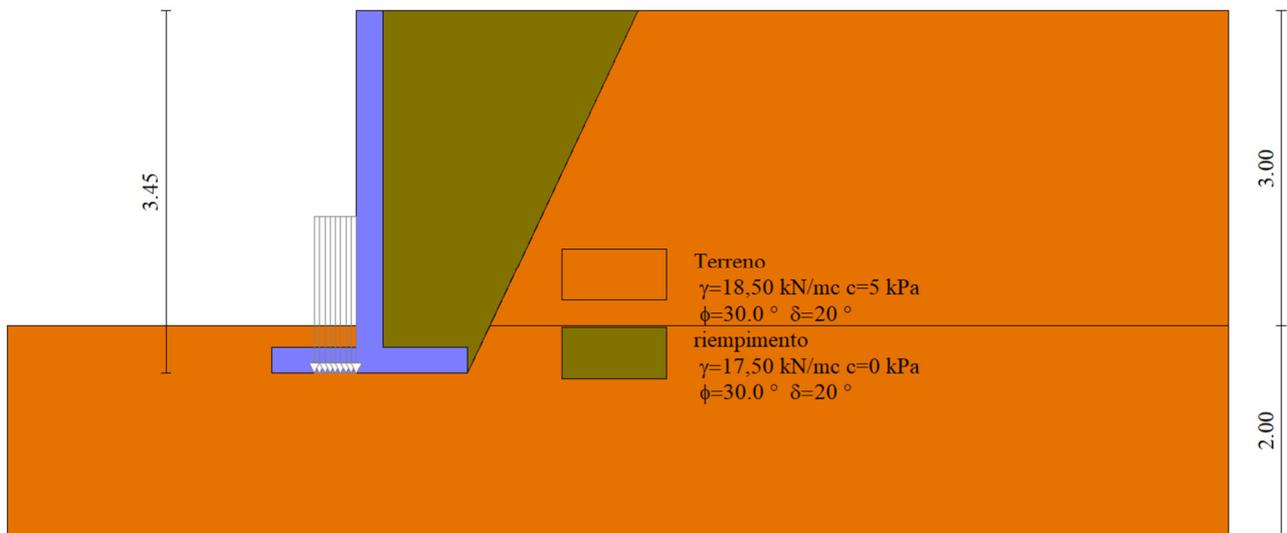


Figura 31. Estratto dal software di calcolo – Max 15.0 – Sezione di verifica

12.2.2 Sollecitazioni agenti.

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno.

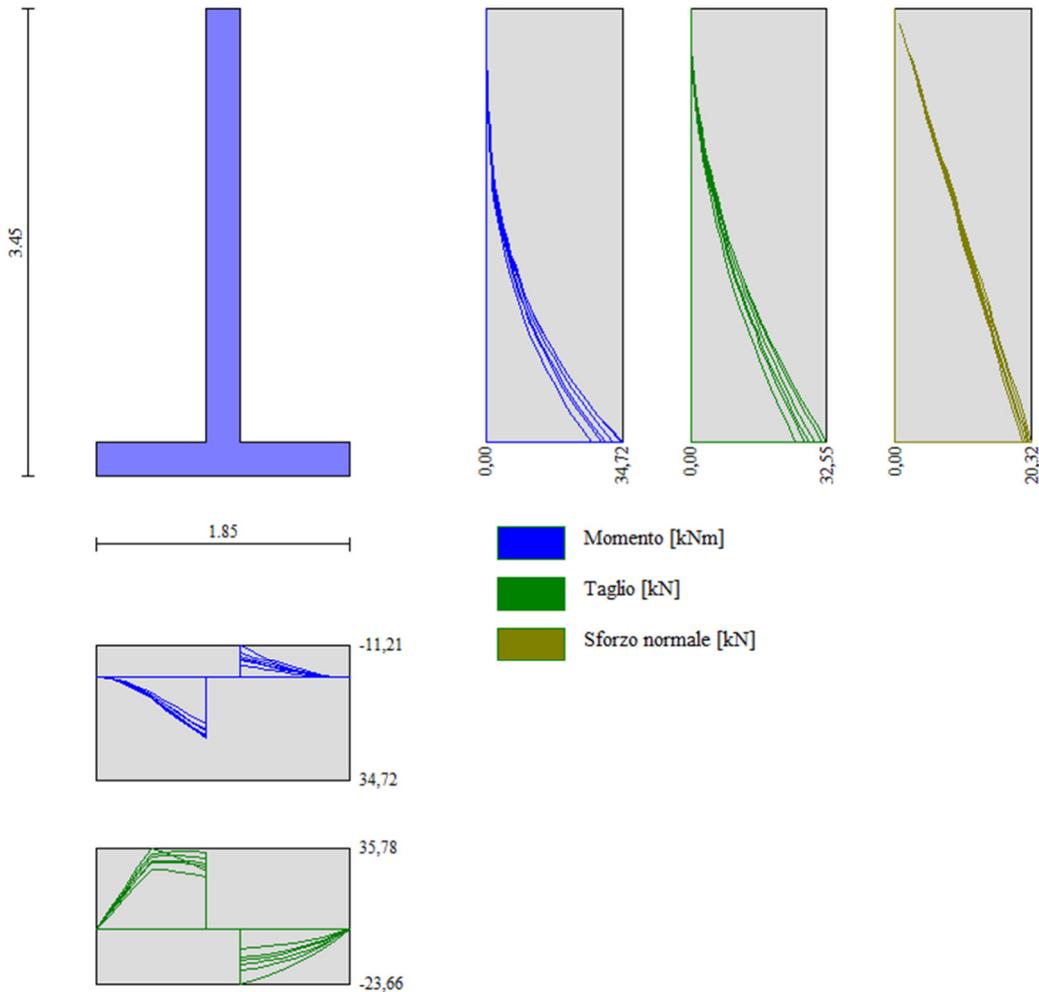


Figura 32. Involuppo momento, taglio e sforzo normale sul paramento e fondazione.

12.2.3 Verifiche geotecniche

Carico limite

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione

N_c, N_q, N_γ Fattori di capacità portante

i_c, i_q, i_γ Fattori di inclinazione del carico

d_c, d_q, d_γ Fattori di profondità del piano di posa

r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore

N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kg]

Q_u carico limite del terreno, espresso in [kg]

Q_d Portanza di progetto, espresso in [kg]

FS Fattore di sicurezza a carico limite

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	Re	ry	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1	30.140 18.401 15.668	0.694 0.694 0.249	1.156 1.078 1.078	0.702	1.000	130,96	192,50	137,50	1.470
2	30.140 18.401 15.668	0.657 0.657 0.186	1.156 1.078 1.078	0.690	1.000	118,90	173,84	144,86	1.462
3	30.140 18.401 15.668	0.657 0.657 0.187	1.156 1.078 1.078	0.681	1.000	112,73	171,71	143,09	1.523

Ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

M_s Momento stabilizzante, espresso in [kgm]

M_r Momento ribaltante, espresso in [kgm]

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

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	M_s [kNm]	M_r [kNm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	142,16	42,56	3.340
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	134,68	45,84	2.938
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	129,99	46,97	2.768

Scorrimento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

R_{sa} Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kg]

R_{pt} Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kg]

R_{ps} Resistenza passiva sperone, espresso in [kg]

R Resistenza allo scorrimento (somma di $R_{sa}+R_{pt}+R_{ps}+R_p$), espresso in [kg]

T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg]

FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	R_{sa} [kN]	R_{pt} [kN]	R_{ps} [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	52,29	0	0	52,29	35,18	1.486
15 - A1-M1-R3 SCOR H + V	46,98	0	0	46,98	30,64	1.533
16 - A1-M1-R3 SCOR H - V	46,12	0	0	46,12	29,90	1.543

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	2.77 (9)
Verifica allo scorrimento	1.49 (1)
Verifica al carico limite	1.46 (2)
Verifica alla stabilità globale	1.72 (4)

Tabella 22 - Risultati delle verifiche geotecniche

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

- Ribaltamento: $FS_{RIB} > FS_{NORM}$ (=1.15)
- Scorrimento: $FS_{SCO} > FS_{NORM}$ (=1.10)
- Carico limite: $FS_{CL} > FS_{NORM}$ (=1.40)
- Stabilità globale: $FS_{SG} > FS_{NORM}$ (=1.20)

12.2.4 Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Simbologia adottata ed unità di misura

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area ferri inferiori espressa in [cmq]
A_{fs}	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sfuerzo normale agente espressa in [kg]
M_u	momento ultimi espresso in [kgm]
N_u	sfuerzo normale ultimo espressa in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

Base sezione	$B = 100$ cm
Altezza sezione	$H = 25$ cm

n°	A_{fi} [mq]	A_{fs} [mq]	M [kNm]	N [kN]	M_u [kNm]	N_u [kN]	FS
1	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
3	0,000616	0,000616	0,02	1,27	36,71	2788,13	2195.241
4	0,000616	0,000616	0,05	1,91	63,97	2622,48	1376.546
5	0,000616	0,000616	0,10	2,54	87,96	2274,26	895.325
6	0,000616	0,000616	0,18	3,18	106,14	1895,08	596.839

n°	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
7	0,000616	0,000616	0,29	3,81	117,38	1536,41	403.231
8	0,000616	0,000616	0,44	4,45	122,28	1224,60	275.483
9	0,000616	0,000616	0,64	5,08	113,10	894,97	176.165
10	0,000616	0,000616	0,89	5,72	96,87	621,13	108.677
11	0,000616	0,000616	1,20	6,35	84,54	448,23	70.584
12	0,000616	0,000616	1,57	6,99	76,38	340,51	48.746
13	0,000616	0,000616	2,01	7,62	70,81	269,14	35.318
14	0,000616	0,000616	2,52	8,26	66,53	218,16	26.426
15	0,000616	0,000616	3,11	8,89	63,31	180,94	20.353
16	0,000616	0,000616	3,79	9,53	60,90	153,05	16.068
17	0,000616	0,000616	4,56	10,16	59,03	131,49	12.941
18	0,000616	0,000616	5,43	10,80	57,55	114,40	10.597
19	0,000616	0,000616	6,40	11,43	56,36	100,59	8.800
20	0,000616	0,000616	7,49	12,07	55,37	89,24	7.396
21	0,000616	0,000616	8,69	12,70	54,56	79,77	6.281
22	0,000616	0,000616	10,01	13,34	53,87	71,79	5.383
23	0,000616	0,000616	11,45	13,97	53,28	64,99	4.652
24	0,000616	0,000616	13,03	14,61	52,77	59,14	4.049
25	0,000616	0,000616	14,75	15,24	52,33	54,07	3.547
26	0,000616	0,000616	16,62	15,88	51,95	49,63	3.126
27	0,000616	0,000616	18,63	15,94	51,46	44,03	2.763
28	0,000616	0,000616	20,86	16,55	51,17	40,59	2.453
29	0,000616	0,000616	23,26	17,16	50,90	37,55	2.188
30	0,000616	0,000616	25,84	17,77	50,67	34,85	1.961
31	0,000616	0,000616	28,61	18,39	50,46	32,43	1.764
32	0,000616	0,000616	31,57	19,00	50,27	30,26	1.592
33	0,000616	0,000616	34,72	19,61	50,10	28,30	1.443

Fondazione

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 25 cm

n°	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	0,000616	0,000616	0,48	0,00	47,65	0,00	99.021
3	0,000616	0,000616	1,90	0,00	47,65	0,00	25.110
4	0,000616	0,000616	4,21	0,00	47,65	0,00	11.322
5	0,000616	0,000616	7,37	0,00	47,65	0,00	6.463
6	0,000616	0,000616	10,86	0,00	47,65	0,00	4.390
7	0,000616	0,000616	14,12	0,00	47,65	0,00	3.375
8	0,000616	0,000616	17,16	0,00	47,65	0,00	2.777
9	0,000616	0,000616	20,58	0,00	47,65	0,00	2.315
10	0,000616	0,000616	-11,21	0,00	-47,65	0,00	4.253
11	0,000616	0,000616	-8,91	0,00	-47,65	0,00	5.347
12	0,000616	0,000616	-6,79	0,00	-47,65	0,00	7.015



n°	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
13	0,000616	0,000616	-4,89	0,00	-47,65	0,00	9.750
14	0,000616	0,000616	-3,24	0,00	-47,65	0,00	14.722
15	0,000616	0,000616	-1,88	0,00	-47,65	0,00	25.321
16	0,000616	0,000616	-0,86	0,00	-47,65	0,00	55.177
17	0,000616	0,000616	-0,22	0,00	-47,65	0,00	213.966
18	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000

Verifiche a taglio

Simbologia adottata ed unità di misura

I_s indice sezione

Y ordinata sezione espresso in [m]

B larghezza sezione espresso in [cm]

H altezza sezione espresso 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' espresso in [kg]

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

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

Paramento

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 25$ cm

I_s°	A_{sw} [mq]	V_{Rcd} [kN]	V_{Rsd} [kN]	V_{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	0,00	0,00	0,00	114,61	0,00	100.000
2	0,00	0,00	0,00	114,69	0,07	1554.642
3	0,00	0,00	0,00	114,77	0,21	555.425
4	0,00	0,00	0,00	114,85	0,40	288.586
5	0,00	0,00	0,00	114,93	0,65	177.585
6	0,00	0,00	0,00	115,01	0,95	120.485
7	0,00	0,00	0,00	115,09	1,32	87.162
8	0,00	0,00	0,00	115,17	1,74	66.009
9	0,00	0,00	0,00	115,25	2,23	51.738
10	0,00	0,00	0,00	115,33	2,77	41.652
11	0,00	0,00	0,00	115,41	3,37	34.260
12	0,00	0,00	0,00	115,49	4,03	28.680
13	0,00	0,00	0,00	115,57	4,74	24.363
14	0,00	0,00	0,00	115,65	5,52	20.956
15	0,00	0,00	0,00	115,73	6,35	18.218
16	0,00	0,00	0,00	115,81	7,24	15.986
17	0,00	0,00	0,00	115,89	8,20	14.141
18	0,00	0,00	0,00	115,97	9,20	12.599
19	0,00	0,00	0,00	116,00	10,30	11.262
20	0,00	0,00	0,00	116,07	11,48	10.115

Is°	A _{sw} [mq]	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
21	0,00	0,00	0,00	116,15	12,72	9.135
22	0,00	0,00	0,00	116,23	14,02	8.291
23	0,00	0,00	0,00	116,31	15,38	7.560
24	0,00	0,00	0,00	116,38	16,81	6.922
25	0,00	0,00	0,00	116,46	18,31	6.361
26	0,00	0,00	0,00	116,54	19,87	5.866
27	0,00	0,00	0,00	116,62	21,49	5.427
28	0,00	0,00	0,00	116,69	23,17	5.036
29	0,00	0,00	0,00	116,77	24,92	4.686
30	0,00	0,00	0,00	116,85	26,73	4.371
31	0,00	0,00	0,00	116,92	28,61	4.088
32	0,00	0,00	0,00	117,00	30,54	3.831
33	0,00	0,00	0,00	117,08	32,55	3.597

Fondazione

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 25 cm

n°	A _{sw} [mq]	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	0,00	0,00	0,00	114,61	0,00	100.000
2	0,00	0,00	0,00	114,61	-9,56	11.992
3	0,00	0,00	0,00	114,61	-18,71	6.127
4	0,00	0,00	0,00	114,61	-27,45	4.176
5	0,00	0,00	0,00	114,61	-35,78	3.203
6	0,00	0,00	0,00	114,61	-34,14	3.357
7	0,00	0,00	0,00	114,61	-34,49	3.323
8	0,00	0,00	0,00	114,61	-34,44	3.328
9	0,00	0,00	0,00	114,61	-33,98	3.373
10	0,00	0,00	0,00	114,61	-23,66	4.844
11	0,00	0,00	0,00	114,61	-22,13	5.179
12	0,00	0,00	0,00	114,61	-20,19	5.675
13	0,00	0,00	0,00	114,61	-17,85	6.421
14	0,00	0,00	0,00	114,61	-15,10	7.592
15	0,00	0,00	0,00	114,61	-11,93	9.603
16	0,00	0,00	0,00	114,61	-8,36	13.702
17	0,00	0,00	0,00	114,61	-4,39	26.129
18	0,00	0,00	0,00	114,61	0,00	100.000



12.3 Sezione Tipo "C"

12.3.1 Geometria di modellazione

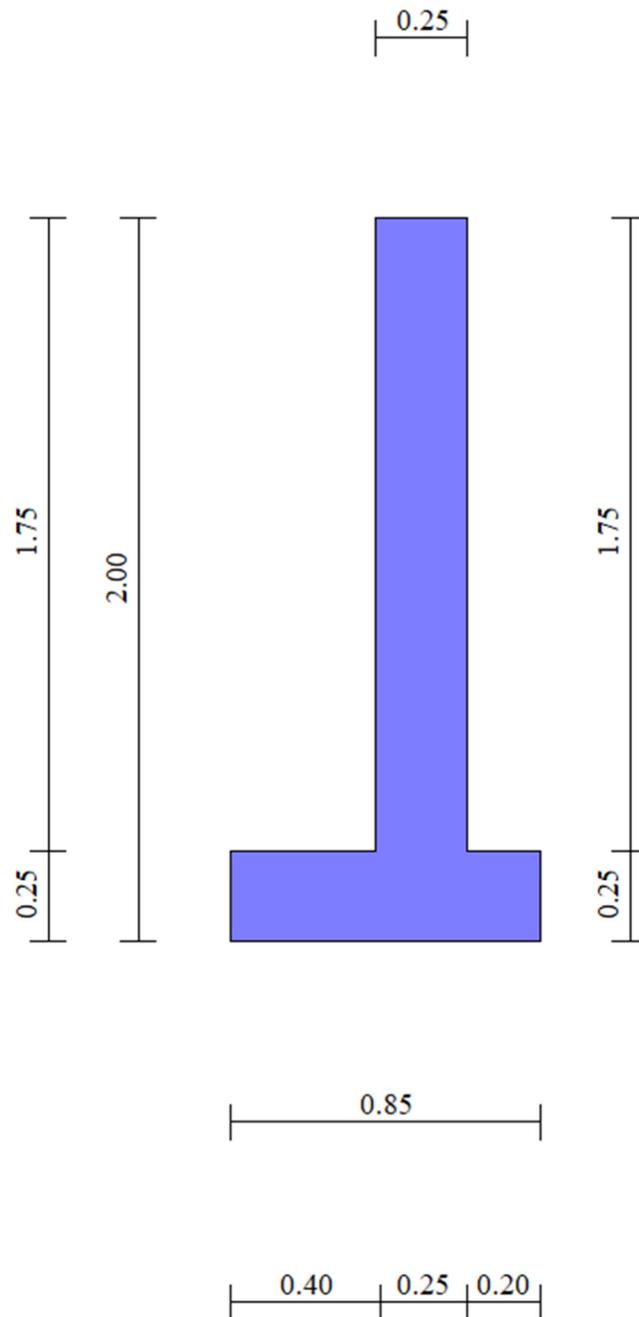


Figura 33. Estratto dal software di calcolo – Max-15.0 -Geometria muro di sostegno.

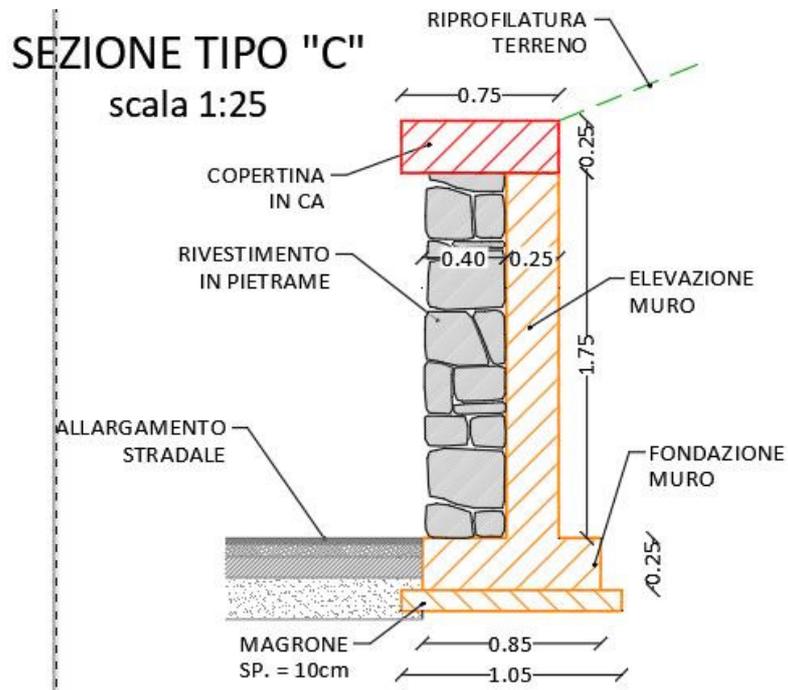


Figura 34: Sezione tipo "C"

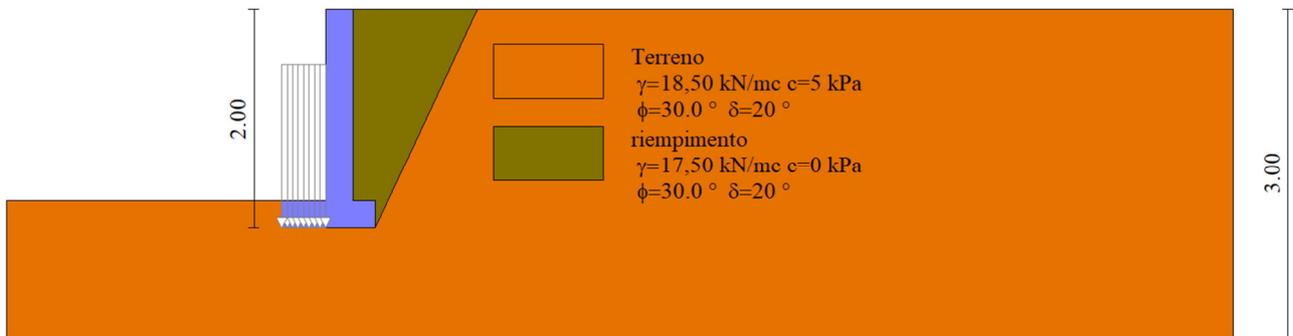


Figura 35. Estratto dal software di calcolo - Max 15.0 - Sezione di verifica

12.3.2 Sollecitazioni agenti.

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno.

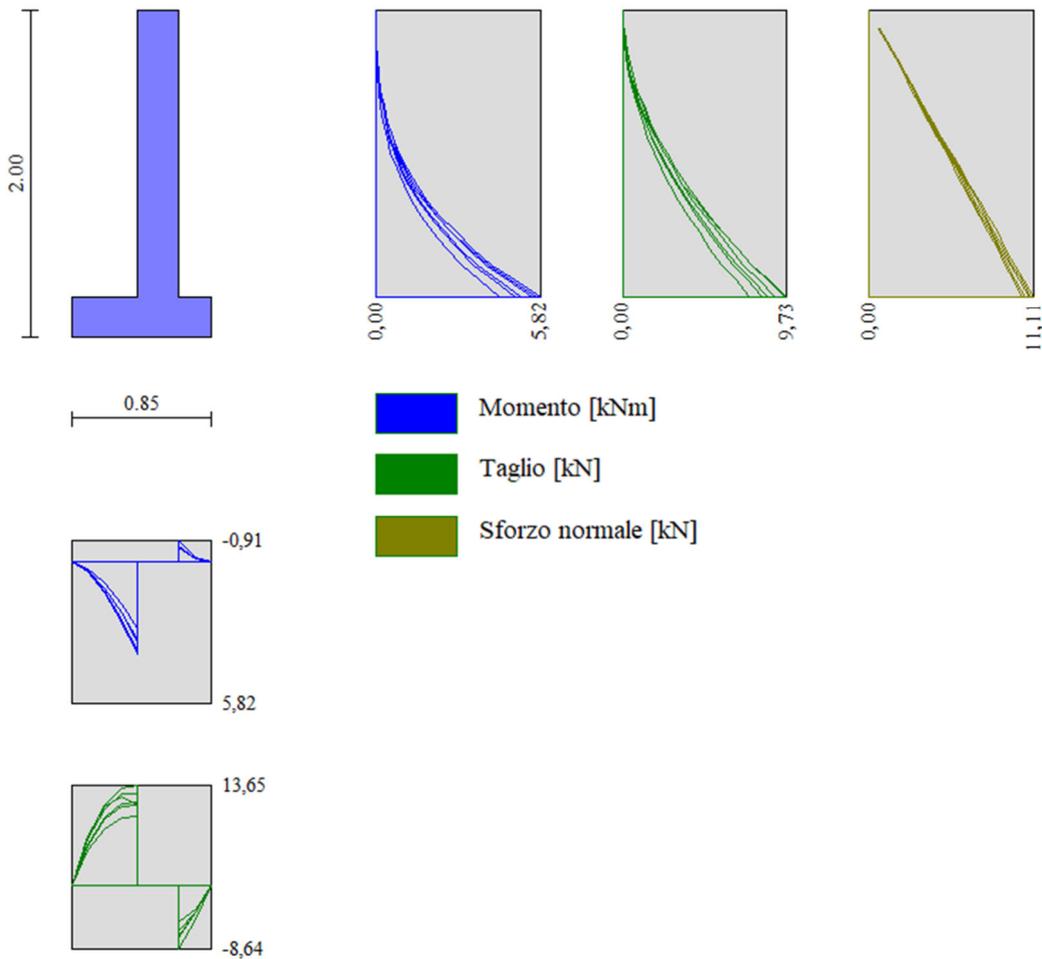


Figura 36. Involuppo momento, taglio e sforzo normale sul paramento e fondazione.

12.3.3 Verifiche geotecniche

Carico limite

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione

N_c, N_q, N_γ Fattori di capacità portante

i_c, i_q, i_γ Fattori di inclinazione del carico

d_c, d_q, d_γ Fattori di profondità del piano di posa

r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore

N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kg]

Q_u carico limite del terreno, espresso in [kg]

Q_d Portanza di progetto, espresso in [kg]

FS Fattore di sicurezza a carico limite

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	Re	ry	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1	30.140 18.401 15.668	0.787 0.787 0.438	1.102 1.051 1.051	0.532	1.000	65,95	116,56	83,26	1.767
2	30.140 18.401 15.668	0.738 0.738 0.334	1.102 1.051 1.051	0.534	1.000	53,02	105,21	87,68	1.985
3	30.140 18.401 15.668	0.743 0.743 0.344	1.102 1.051 1.051	0.528	1.000	51,19	105,29	87,74	2.057

Ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]

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

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	24,01	8,28	2.901
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	21,36	8,62	2.478
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	20,71	8,63	2.399

Scorrimento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Rsa Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kg]

Rpt Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kg]

Rps Resistenza passiva sperone, espresso in [kg]

R Resistenza allo scorrimento (somma di $Rsa+Rpt+Rps+Rp$), espresso in [kg]

T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg]

FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	25.79	0	0	25,79	11,79	2.188
15 - A1-M1-R3 SCOR H + V	20.97	0	0	20,97	10,15	2.066
16 - A1-M1-R3 SCOR H - V	20.71	0	0	20,71	9,90	2.091



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	2.40 (9)
Verifica allo scorrimento	2.07 (15)
Verifica al carico limite	1.77 (1)
Verifica alla stabilità globale	1.96 (4)

Tabella 23 - Risultati delle verifiche geotecniche

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

- Ribaltamento: $FS_{RIB} > FS_{NORM}$ (=1.15)
- Scorrimento: $FS_{SCO} > FS_{NORM}$ (=1.10)
- Carico limite: $FS_{CL} > FS_{NORM}$ (=1.40)
- Stabilità globale: $FS_{SG} > FS_{NORM}$ (=1.20)

12.3.4 Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Simbologia adottata ed unità di misura

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area ferri inferiori espressa in [cmq]
A_{fs}	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sfuerzo normale agente espressa in [kg]
M_u	momento ultimi espresso in [kgm]
N_u	sfuerzo normale ultimo espressa in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

Base sezione	$B = 100$ cm
Altezza sezione	$H = 25$ cm

n°	A_{fi} [mq]	A_{fs} [mq]	M [kNm]	N [kN]	M_u [kNm]	N_u [kN]	FS
1	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000

n°	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
3	0,000616	0,000616	0,02	1,23	34,98	2788,13	2257.963
4	0,000616	0,000616	0,04	1,85	61,43	2655,00	1433.436
5	0,000616	0,000616	0,09	2,47	85,06	2325,65	941.712
6	0,000616	0,000616	0,16	3,09	103,59	1960,15	634.972
7	0,000616	0,000616	0,27	3,70	115,49	1604,73	433.196
8	0,000616	0,000616	0,41	4,32	122,46	1303,73	301.663
9	0,000616	0,000616	0,59	4,94	117,44	988,94	200.223
10	0,000616	0,000616	0,81	5,56	101,62	694,01	124.899
11	0,000616	0,000616	1,09	6,17	88,44	499,83	80.957
12	0,000616	0,000616	1,43	6,79	79,06	375,91	55.351
13	0,000616	0,000616	1,83	7,41	73,02	296,14	39.971
14	0,000616	0,000616	2,29	8,03	68,36	239,32	29.818
15	0,000616	0,000616	2,83	8,64	64,76	197,68	22.870
16	0,000616	0,000616	3,45	9,26	62,08	166,70	18.000
17	0,000616	0,000616	4,15	9,88	60,02	142,89	14.465
18	0,000616	0,000616	4,94	10,50	58,39	124,10	11.824
19	0,000616	0,000616	5,82	11,11	57,08	108,97	9.806

Fondazione

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 25 cm

n°	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	0,000616	0,000616	0,35	0,00	47,65	0,00	134.943
3	0,000616	0,000616	1,24	0,00	47,65	0,00	38.406
4	0,000616	0,000616	2,45	0,00	47,65	0,00	19.423
5	0,000616	0,000616	3,82	0,00	47,65	0,00	12.481
6	0,000616	0,000616	-0,91	0,00	-47,65	0,00	52.554
7	0,000616	0,000616	-0,23	0,00	-47,65	0,00	207.450
8	0,000616	0,000616	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000

Verifiche a taglio

Simbologia adottata ed unità di misura

I_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

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 25 cm

Is°	A _{sw} [mq]	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	0,00	0,00	0,00	114,61	0,00	100.000
2	0,00	0,00	0,00	114,69	0,07	1626.755
3	0,00	0,00	0,00	114,76	0,20	585.523
4	0,00	0,00	0,00	114,84	0,38	305.501
5	0,00	0,00	0,00	114,92	0,61	188.505
6	0,00	0,00	0,00	115,00	0,90	128.135
7	0,00	0,00	0,00	115,07	1,24	92.824
8	0,00	0,00	0,00	115,15	1,64	70.371
9	0,00	0,00	0,00	115,23	2,09	55.202
10	0,00	0,00	0,00	115,31	2,59	44.471
11	0,00	0,00	0,00	115,39	3,15	36.598
12	0,00	0,00	0,00	115,46	3,77	30.651
13	0,00	0,00	0,00	115,54	4,44	26.048
14	0,00	0,00	0,00	115,62	5,16	22.412
15	0,00	0,00	0,00	115,70	5,94	19.490
16	0,00	0,00	0,00	115,77	6,77	17.107
17	0,00	0,00	0,00	115,81	7,69	15.059
18	0,00	0,00	0,00	115,88	8,68	13.353
19	0,00	0,00	0,00	115,96	9,73	11.923

Fondazione

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 25 cm

n°	A _{sw} [mq]	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	0,00	0,00	0,00	114,61	0,00	100.000
2	0,00	0,00	0,00	114,61	-6,63	17.278
3	0,00	0,00	0,00	114,61	-10,90	10.510
4	0,00	0,00	0,00	114,61	-13,30	8.619
5	0,00	0,00	0,00	114,61	-13,65	8.395
6	0,00	0,00	0,00	114,61	-8,64	13.272
7	0,00	0,00	0,00	114,61	-4,59	24.946
8	0,00	0,00	0,00	114,61	0,00	100.000

13 Conclusioni

Nel presente elaborato è stato fornito un rapido inquadramento topografico, geologico, e vincolistico dell'area interessata dalle opere relative al progetto denominato *“Servizio di progettazione per messa in sicurezza muro di sostegno via Pastrengo/Via S. Croce” comune di Settimo Rottaro CIG: Z7B31E5B82*

Vengono inoltre riportati i risultati delle verifiche geotecniche di stabilità della sezione del muro di sostegno, 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 PRGC del comune di Settimo Rottaro (TO), il muro in progetto ricade in **classe IID** della carta di Sintesi, gli interventi sono compatibili.

Trattandosi di opere di interesse pubblico, il cui obiettivo è la messa in sicurezza della Via Pastrengo, la loro realizzazione è prescritta ai sensi della normativa vigente.

Il settore indagato **non ricade** tra le aree perimetrate dalla Direttiva Alluvioni.

Per quanto concerne l'aspetto vincolistico, l'opera in progetto **non ricade** tra le aree perimetrate ai sensi della L.R. 45/89 – Vincolo Idrogeologico. L'opera non è dunque assoggettata ad esplicita autorizzazione.

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

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