

COMMITTENTE:

COMUNE DI VALCHIUSA



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

- OGGETTO:
- Messa in sicurezza del territorio a rischio idro-geologico. Sistemazione idraulica dei principali Rii a ridosso degli abitati e delle infrastrutture viarie del Comune di Valchiusa.
  - Sotto-murazione scogliera in dx del Chiusella in Località Frascal.
  - Sistemazione mediante interventi di consolidamento/ricostruzione tratto muro di sostegno lungo strada comunale in fregio al Rio Frascal in Comune di Valchiusa.

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

COMUNE DI VALCHIUSA

FASE PROGETTUALE:

## PROGETTO ESECUTIVO

7	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.
1	.	.	.	.	.
0	Agosto 2022	PROGETTO ESECUTIVO	S.G.	P.C.	G.N.
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO

TITOLO:

## RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

ARCHIVIO:

5575

FILE N°:

TESTALINI

DATA:

Loranzè, Agosto 2022



**HYDROGEOS**  
STUDIO TECNICO ASSOCIATO

TAVOLA N°

**D**

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](mailto:info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it)

PROGETTISTA:

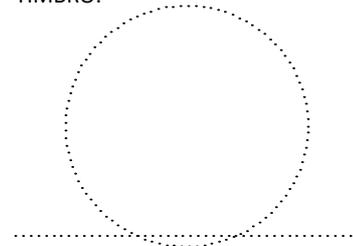
Dott. Ing. Gianluca NOASCONO  
N° 8292 Y ALBO INGEGNERI  
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:



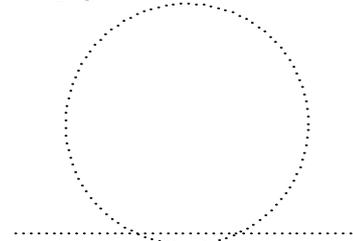
ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

TIMBRO:







## Indice

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	5
4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	8
5	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	9
5.1	RIO FRASCAL.....	9
5.1.1	Intervento 1: opera di presa e tombamento canale.....	9
5.2	VIA MAESTRA.....	12
5.2.1	Intervento 2: Consolidamento muro di sostegno strada Comunale.....	12
5.3	TORRENTE CHIUSELLA.....	13
5.3.1	Intervento 3: sottomurazione scogliera in destra idraulica Loc. Frascal.....	13
6	OPERE OGGETTO DI VERIFICA.....	17
7	DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO.....	19
7.1	Analisi strutturale dello scatolare.....	24
8	METODO E CODICI DI CALCOLO.....	25
9	CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	27
9.1	Calcestruzzo armato per canale in c.a. e scatolare gettato in opera.....	27
9.2	Acciaio.....	33
9.2.1	Sensibilità alla corrosione delle armature.....	33
9.2.2	Scelta degli stati limite di fessurazione.....	35
9.3	Materiali utilizzati.....	36
9.3.1	Calcestruzzo per utilizzo strutturale.....	36
9.3.2	Acciaio per opere in c.a.....	36
10	AZIONI.....	37
10.1	Carichi permanenti strutturali.....	37
10.2	Carichi permanenti non strutturali.....	37
10.3	Carichi variabili.....	37
10.4	Combinazioni di carico Raccordo.....	40



---

10.5	Combinazioni di carico scatolare chiuso .....	46
11	RACCORDO GETTATO IN OPERA.....	51
11.1	Sezione di verifica.....	52
11.2	Verifiche strutturali .....	53
12	SCATOLARE CHIUSO.....	63
12.1	Sezione di verifica.....	64
12.2	Verifiche strutturali .....	66
13	CONCLUSIONI.....	78

## 1 PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Valchiusa ha incaricato il sottoscritto Ing. Gianluca Noascono, studio associato Hydrogeos, della progettazione dei lavori denominati *"Messa in sicurezza del territorio a rischio idro-geologico. Sistemazione idraulica dei principali Rii a ridosso degli abitati e delle infrastrutture viarie del Comune di Valchiusa. Sotto-murazione scogliera in dx del Chiusella in Località Frascal. Sistemazione mediante interventi di consolidamento/ricostruzione tratto muro di sostegno lungo strada comunale in fregio al Rio Frascal in Comune di Valchiusa"*, con l'obiettivo di effettuare degli interventi migliorativi per lo scorrimento delle acque convogliate dal Rio Frascal e dal Torrente Chiusella.

Nel presente progetto esecutivo confluiscono i seguenti finanziamenti:

- Messa in sicurezza del territorio a rischio idro-geologico.
- Sistemazione idraulica dei principali Rii a ridosso degli abitati e delle infrastrutture viarie del Comune di Valchiusa. Sotto-murazione scogliera in dx del Chiusella in Località Frascal.
- Sistemazione mediante interventi di consolidamento/ricostruzione tratto muro di sostegno lungo strada comunale in fregio al Rio Frascal in Comune di Valchiusella

A seguito di un rapido inquadramento topografico dell'area in esame e della descrizione della totalità degli interventi in progetto, si riporta la descrizione dettagliata e le verifiche strutturali delle opere in calcestruzzo gettati in opera.



---

## 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 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il presente elaborato interessa gli interventi migliorativi per lo scorrimento delle acque convogliate dal Rio Frascal e dal Torrente Chiusella ed hanno il seguente riscontro cartografico su Carta Tecnica Regionale CTR: 114050-114090-114100-114060.

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

- Intervento 1

Geografiche	
Latitudine	45.498539 N
Longitudine	7.746376 E

Chilometriche	
Nord	5039098.58 m N
Est	402056.02 m E

Quota di circa 710 m.

- Intervento 2

Geografiche	
Latitudine	45.4978019 N
Longitudine	7.7494877 E

Chilometriche	
Nord	5039012.80 m N
Est	402297.80m E

Quota di circa 695 m.

- Intervento 3

Geografiche	
Latitudine	45.495686 N
Longitudine	7.7541524 E

Chilometriche	
Nord	5038772.10 m N
Est	402658.60 m E

Quota di circa 675 m.

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

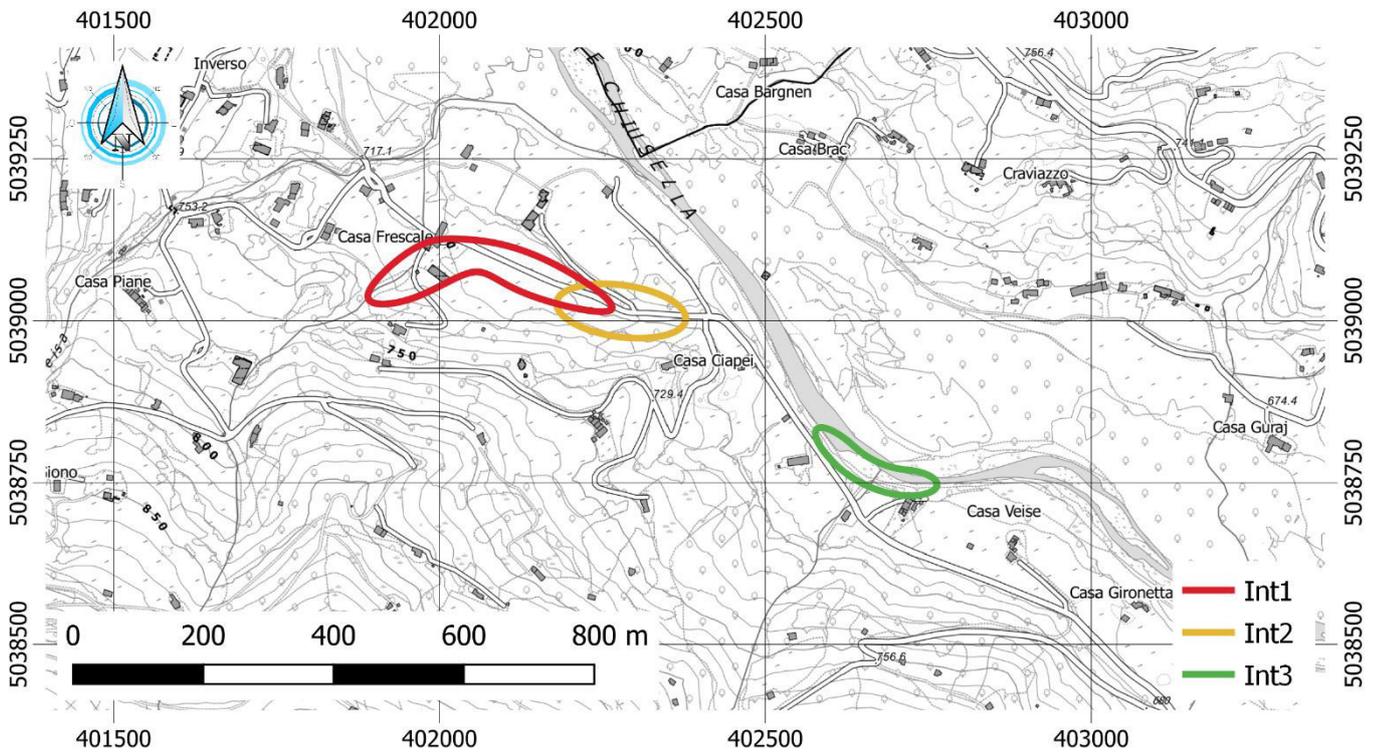


Figura 1 Inquadramento dell'area d'intervento su bdre 1:10000

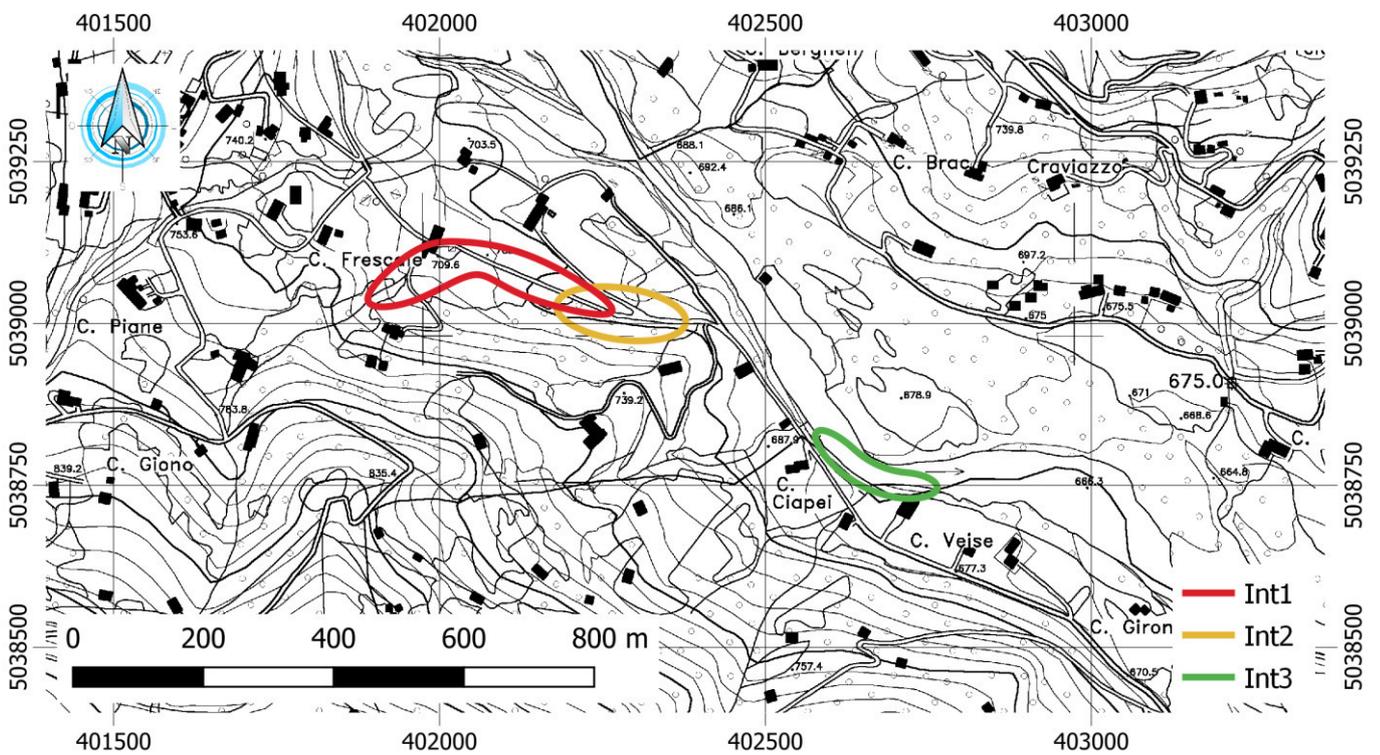


Figura 2 Inquadramento dell'area d'intervento su CTP

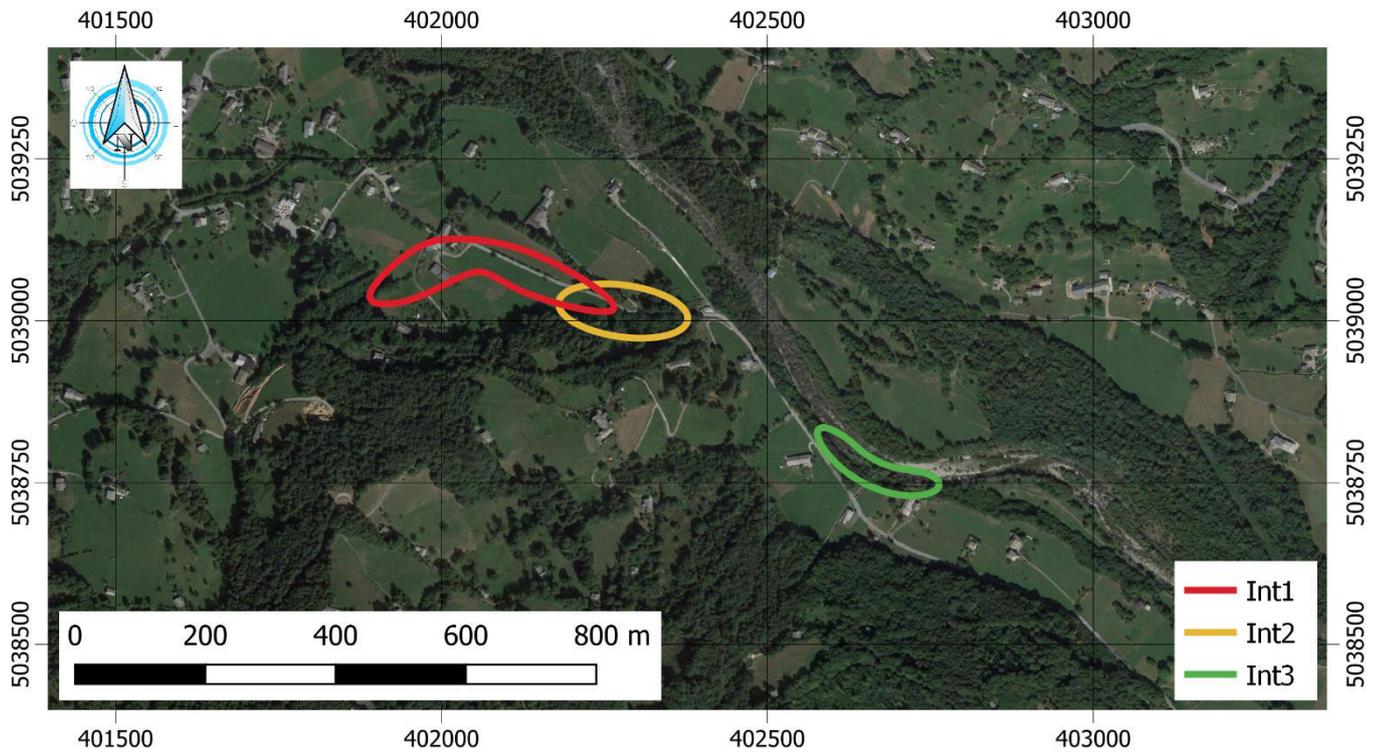


Figura 3 Ubicazione intervento su ortofoto



---

## 4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Non avendo informazione specifica dei terreni presenti nell'area d'intervento, i parametri geotecnici sono stati ipotizzati cautelativamente, sulla base dell'analisi dei dati di bibliografia, delle conoscenze pregresse su depositi morenici aventi caratteristiche simili a quelli del sito in esame, I seguenti valori dei principali parametri geotecnici da assegnare ai terreni che presenti

Descrizione	Peso unità di volume secco [kg/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume saturo [kg/m <sup>3</sup> ]	Angolo d'Attrito [°]	Coesione [kPa]
Riempimento	1850	2000	30	0
Deposti morenici	1800	1900	33	5

Tabella 1 Parametri geotecnici

## 5 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

### 5.1 RIO FRASCAL

Le opere in progetto constano di due interventi al fine di pervenire all'adeguamento idraulico del Rio Frascal in Località Vico Canavese, Frazione Inverso, in Comune di Valchiusa, con i connessi lavori di sistemazione stradale al termine delle lavorazioni di seguito esposte.

#### 5.1.1 Intervento 1: opera di presa e tombamento canale

Opera di presa

In primis i lavori prevedono la realizzazione di un'opera di presa antistante l'imbocco del tratto tombato con tubazione esistente DN1000 al di sotto della stradina sterrata in prossimità di Via Maestra. L'opera di presa avrà funzione non solo convogliatrice ma soprattutto filtrante dato che, storicamente, s'è riscontrato che i numerosi detriti lapidei e legnosi che giungono da monte ostruiscono i tratti tombati a valle. Al fine dunque di bloccare tali detriti si disporrà nell'opera di presa una briglia a pettine composta da 5 pali infissi nel fondo aventi funzione di ritenuta detritica. L'opera di presa avrà un fondo risuolato con massi ciclopici di cava e pareti costituite da scogliera in massi ciclopici non cementati. L'imbocco dell'opera avrà una soglia in massi ed una staccionata in legno ne perimetrerà le sponde assieme ad un muretto in c.a. posto all'imbocco della tombinatura verso valle.

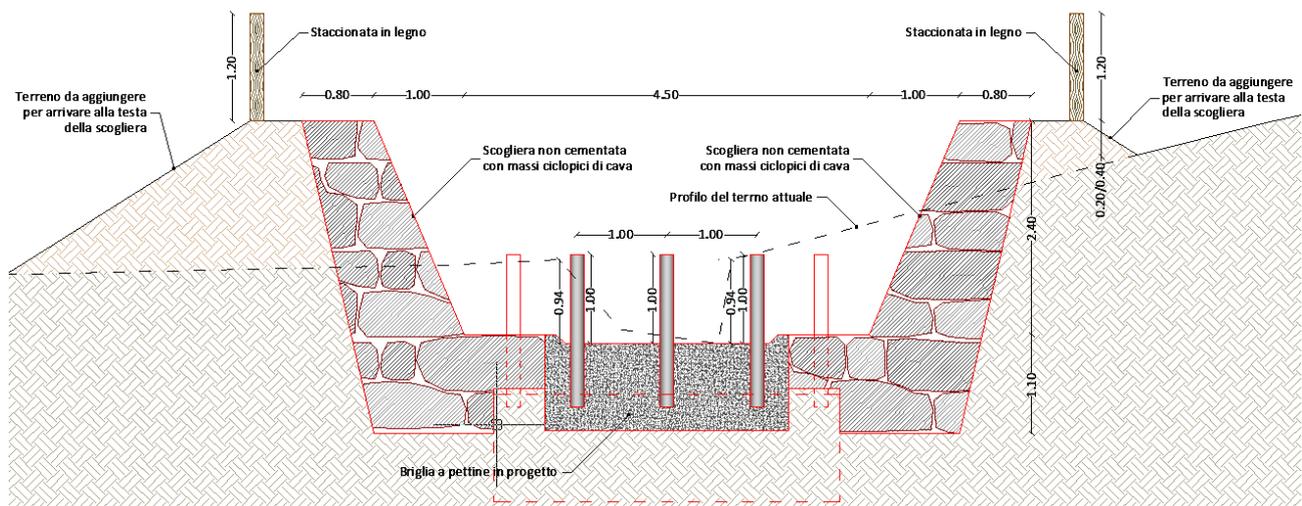


Figura 18: Sezione opera di presa con briglia a pettine



---

## Tombamento canale su Via Maestra

L'intervento contempla la posa di due scatolari interrati a continuazione dei tratti a monte e a valle degli esistenti con lo scopo di uniformare il canale di scorrimento del rio tombandolo completamente ed eliminando dunque i restringimenti stradali. Entrambi gli scatolari sono caratterizzati da dimensioni pari a quelli esistenti (1,60x1 m) e pendenza motrice rispettivamente del 42‰ costante, per il primo scatolare in progetto, mentre per il secondo pendenza minima del 44‰ e massima del 57‰.

E' dunque previsto, in primis, lo sfalcio della vegetazione che attualmente ostacola il deflusso delle acque nel fosso, successivamente, lo scavo e la posa dello scatolare in calcestruzzo armato avente dimensioni interne di 1,6 x 1 m ed il rinterro con misto granulare anidro lato strada e terreno proveniente dagli scavi sul lato campi. Segue l'allargamento della sede stradale con la seguente stratigrafia:

- uno strato di fondazione stradale di 20 cm;
- uno strato di binder di 10 cm;
- uno strato di tappeto di 3 cm a tutta larghezza per il ripristino stradale finale.

Sono previsti dei raccordi gettati in opera ogni 25 metri aventi dimensioni 1,80 x 1,60 m con griglia metallica.

L'ultima parte del secondo scatolare in progetto, in prossimità della deviazione del Rio Frascal verso il Torrente Chiusella, vede il suddetto scatolare non prefabbricato come i precedenti ma in calcestruzzo armato gettato in opera ed avente dimensioni interne variabili con base pari a 1,6 m ed altezza variabile tra 1 e 2,65 m.

E' inoltre prevista la risuolatura in massi dell'alveo del Rio Frascal dal punto in cui esso si discosta dal fianco di Via Maestra, in direzione del Torrente Chiusella in cui sfocia, per una lunghezza di circa 20 m.

Si prevede l'installazione di delineatori di margine con catadiottri lungo il tratto avente gli scatolari prefabbricati, diversamente, nel tratto con scatolare gettato in opera è prevista l'installazione di barriera stradale H2 bordo ponte in acciaio corten.

Il materiale in esubero, proveniente dagli scavi, verrà trasportato in apposita area indicata dall'Amministrazione Comunale in cui verrà utilizzato per realizzare un rilevato stradale.

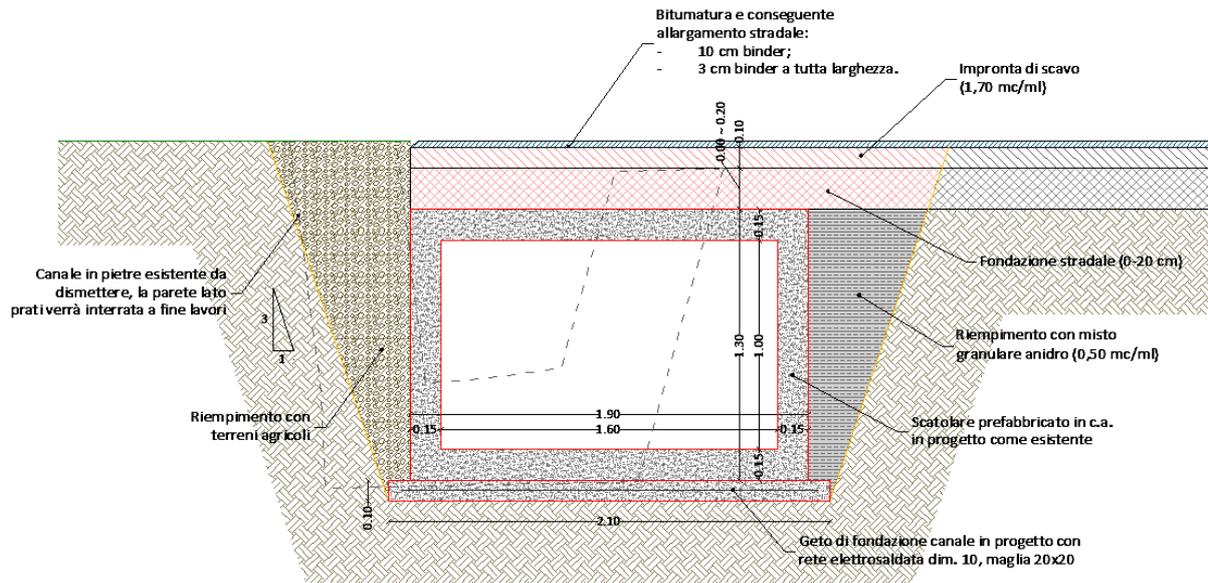


Figura 19: Sezione scatolare in c.a. prefabbricato

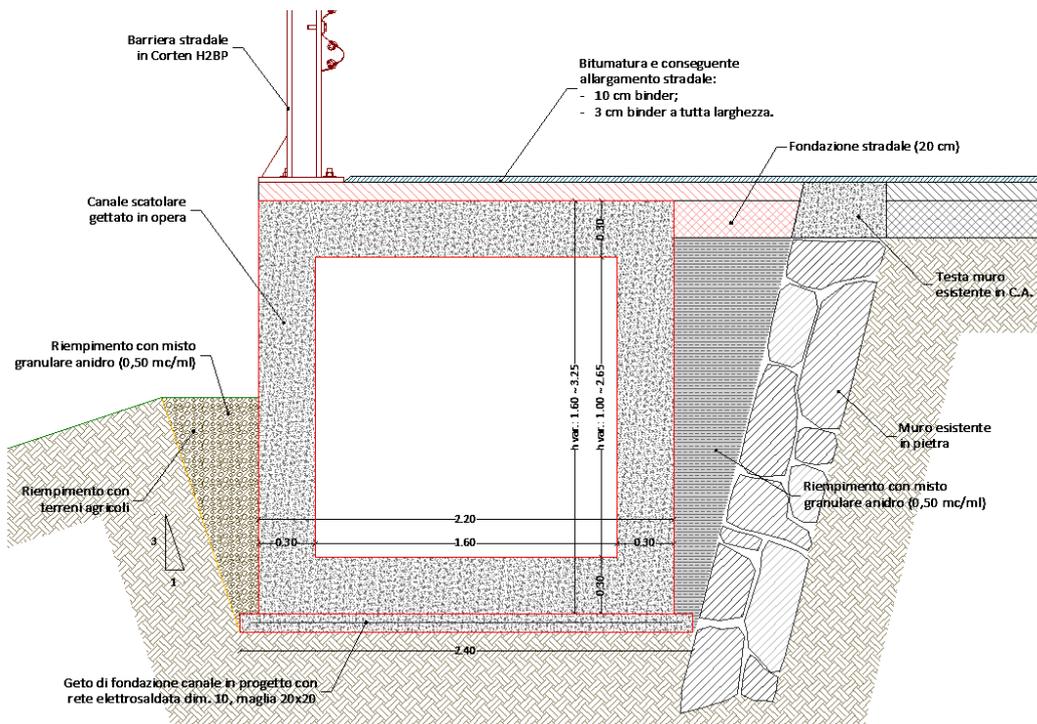


Figura 20: Sezione scatolare in c.a. gettato in opera

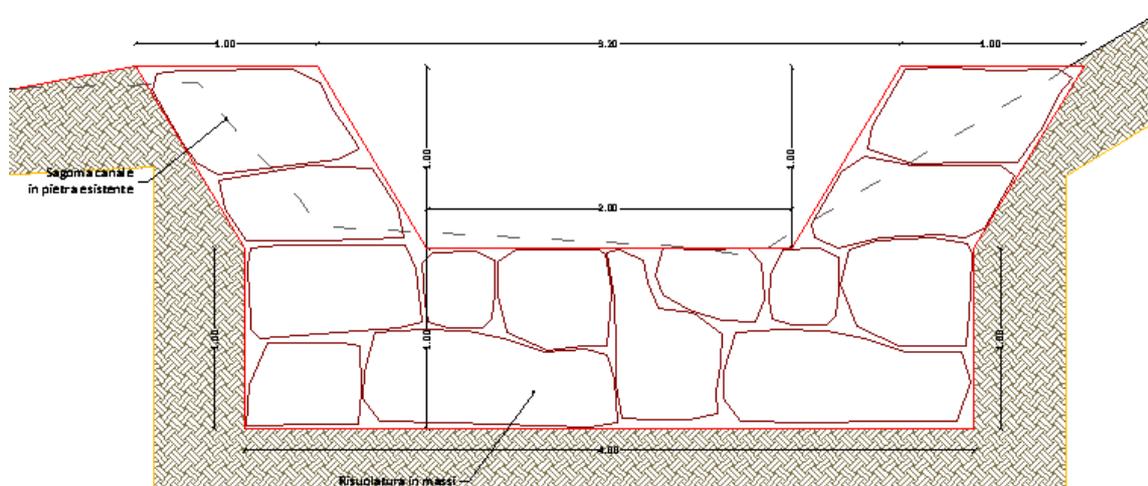


Figura 21: Sezione risolutura alveo Rio Frascal

## 5.2 VIA MAESTRA

### 5.2.1 Intervento 2: Consolidamento muro di sostegno strada Comunale

Nel tratto compreso tra la deviazione del Rio Frascal ed il punto ove attualmente è presente un muretto in mattoni bordo strada in ciglio sinistro direzione Trausella, è prevista la realizzazione di un muro di sostegno in massi con cordolo in c.a. gettato in opera avente, quest'ultimo, dimensioni 0,90 x 0,30 m al fine di ampliare la carreggiata stradale.

Nei tratti d'ampliamento già a livello col piano veicolare, i quali non necessitano della formazione di un muro di sostegno per livellare il piano stradale, il cordolo in c.a. avrà dimensioni 0,90 x 0,50 m.

La stratigrafia per l'allargamento stradale sarà come segue:

- uno strato di fondazione stradale di 20 cm;
- uno strato di binder di 10 cm;
- uno strato di tappeto di 3 cm a tutta larghezza per il ripristino stradale finale.

E' previsto l'abbattimento del muretto attualmente presente in ciglio sinistro direzione Trausella in modo da ampliare la carreggiata nonché installare barriere stradali in acciaio corten tipo H2BP lungo i tratti oggetto di allargamento.

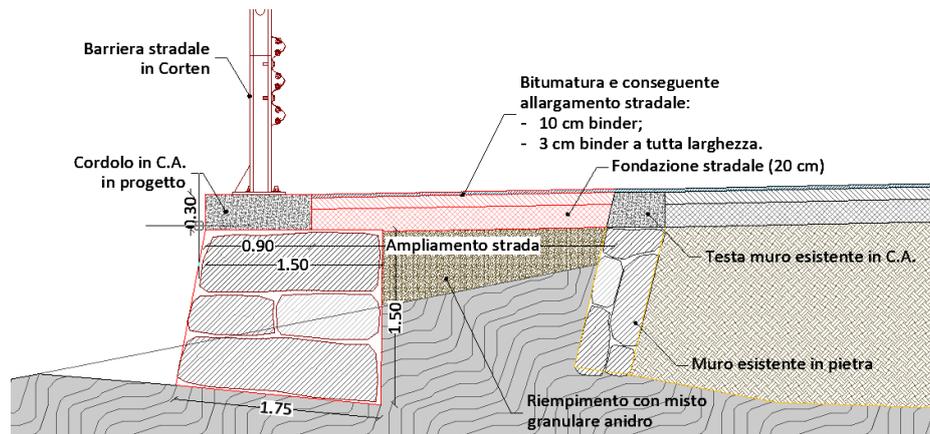


Figura 22: Sezione tratto stradale ampliato con sottomurazione

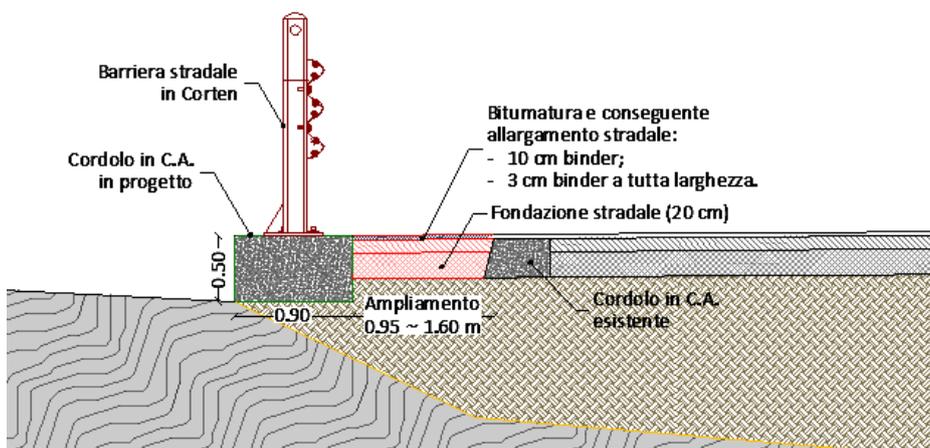


Figura 23: Sezione tratto stradale ampliato con solo cordolo in c.a.

## 5.3 TORRENTE CHIUSELLA

E' opportuno premettere che il seguente intervento sul Torrente Chiusella si limita a ripristinare il normale deflusso della portata in alveo e la corretta funzionalità dei tratti spondali ammalorati ed erosi, senza dunque modificare i livelli idrici del torrente.

### 5.3.1 Intervento 3: sottomurazione scogliera in destra idraulica Loc. Frascal

Le problematiche d'erosione su esposte trovano soluzione attraverso la realizzazione di tratti di scogliera nei punti maggiormente erosi nonché attraverso la realizzazione di una sottomurazione lungo tutto il tratto oggetto d'intervento oltre alla realizzazione di tre traverse in massi.

Nello specifico i lavori vedranno la realizzazione di n° 3 tratti di scogliera ex novo aventi lunghezza, procedendo da monte verso valle, rispettivamente di 30 m, 12 m e 40 m, n°3 traverse in massi non cementati aventi dimensioni 2 x 4 m.



Il tratto di sottomurazione interesserà l'intera ansa in sponda destra, per una lunghezza di circa 280 metri e sarà realizzata in massi cementati.

In aggiunta a tali opere verrà effettuata una livellazione del fondo alveo, in modo da riportarlo allo status ante alluvione, attraverso la movimentazione di materiale dei tratti con una maggior presenza di materiale ed il conseguente riporto dello stesso nei tratti presentanti deficit di materiale.

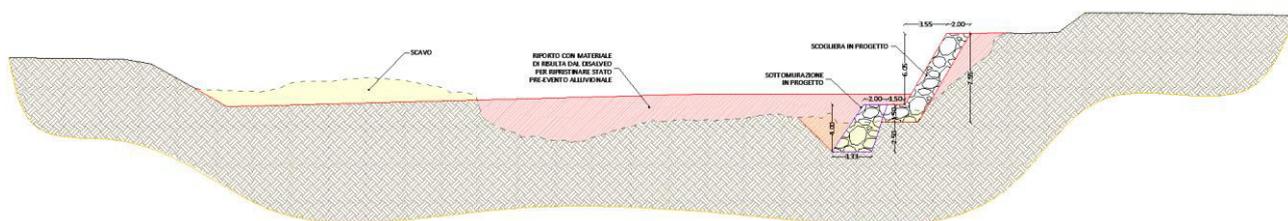


Figura 24: Sezione tipo 1, tratto d'alveo con scogliera e sottomurazione in progetto

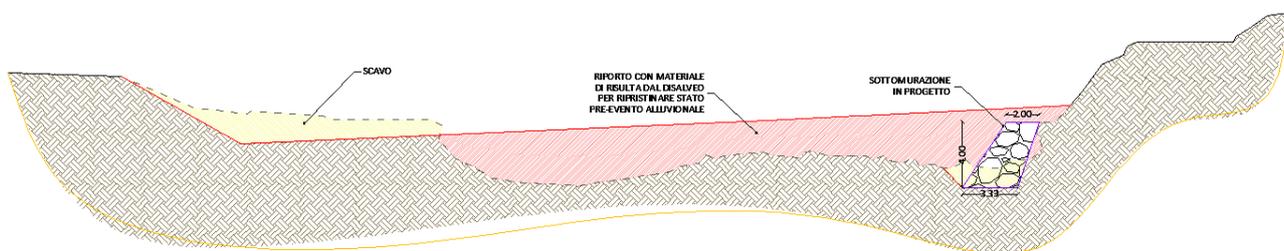


Figura 25: Sezione tipo 2, tratto d'alveo con sottomurazione in progetto

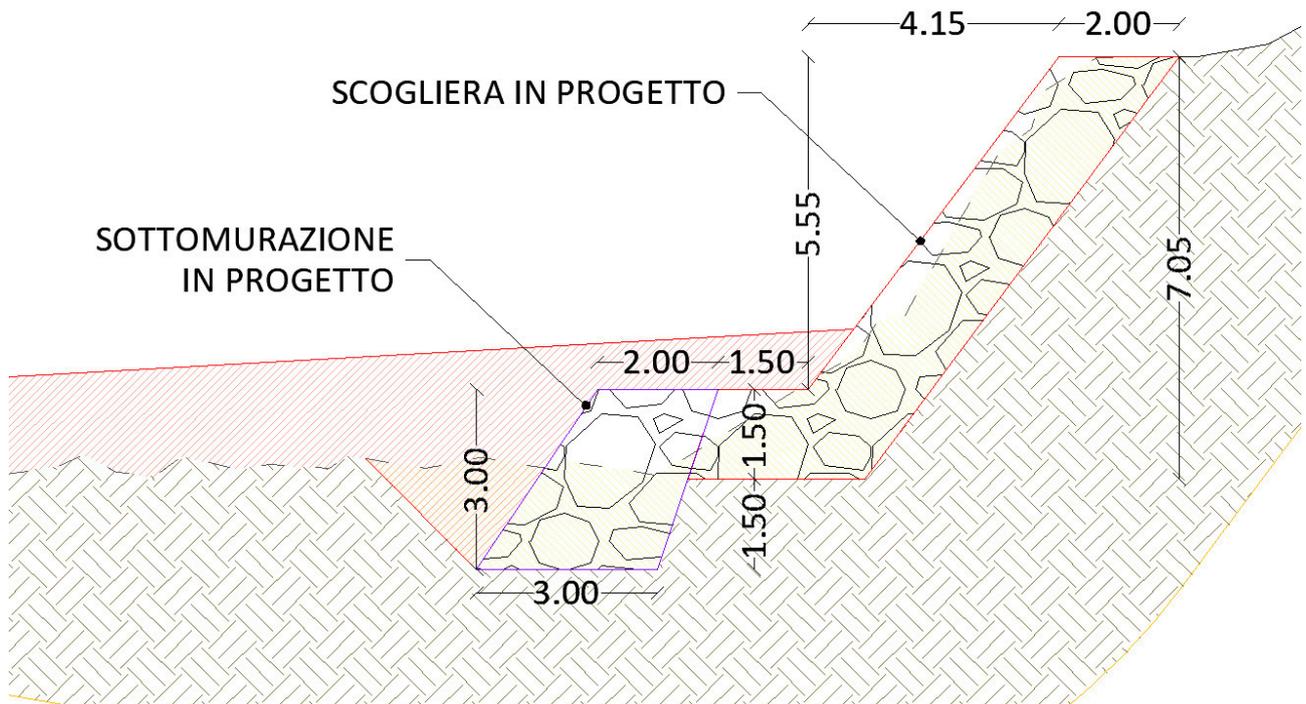


Figura 26: Dettaglio sezione tipo 1

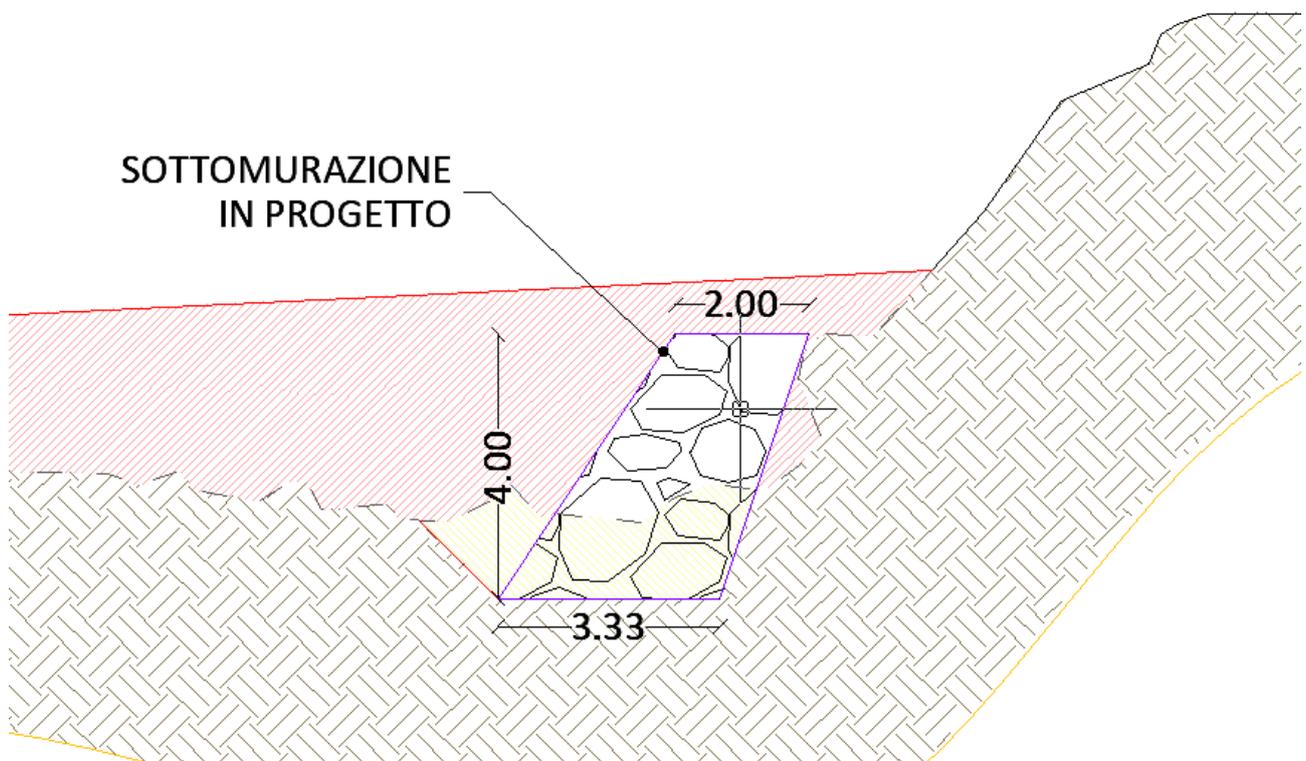


Figura 27: Dettaglio sezione tipo 2

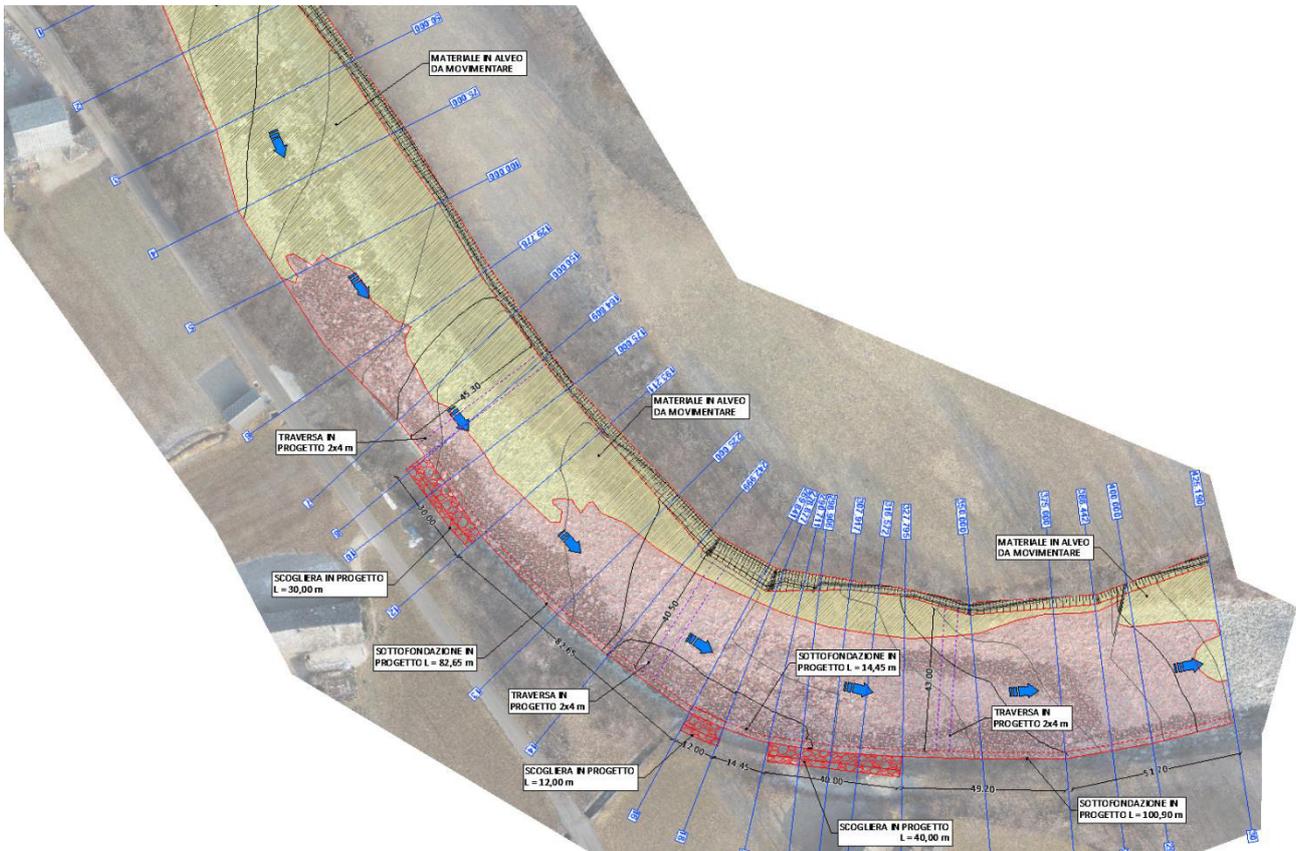


Figura 28: Rappresentazione schematica della movimentazione di materiale all'interno dell'alveo. In giallo le aree con surplus di materiale da asportare, in rosso le aree con deficit di materiale da riportare

## 6 OPERE OGGETTO DI VERIFICA

La presente relazione presenta le verifiche strutturali degli interventi in calcestruzzo armato gettato in opera.

### 6.1 Raccordo gettato in opera

Sono previsti dei raccordi gettati in opera ogni 25 metri aventi dimensioni 1,80 x 1,60 m con griglia metallica.

SEZIONE TIPO - RACCORDO GETTATO IN OPERA  
scala 1:25

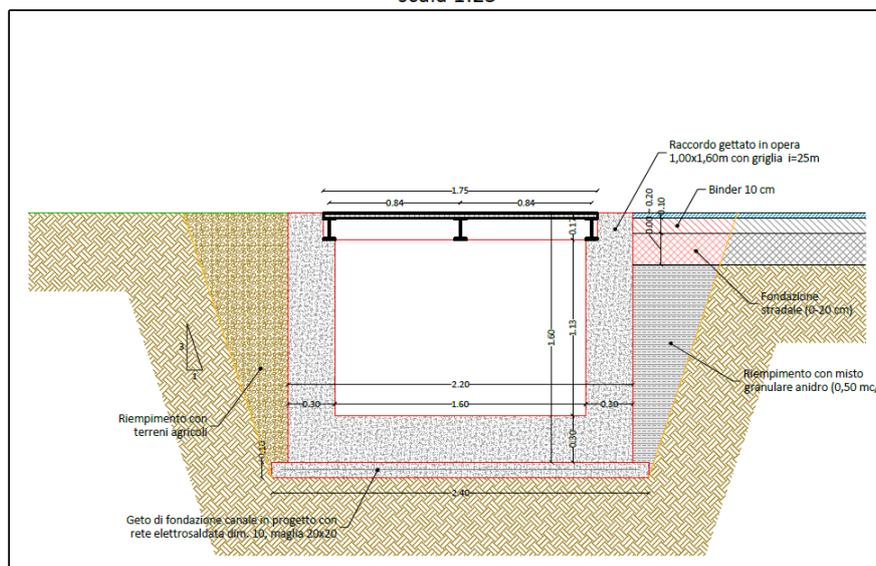


Figura 20: Sezione raccordo in c.a. gettato in opera

### 6.2 Scatolare gettato in opera

Lo scatolare gettato in opera sarà ubicato in prossimità della deviazione del Rio Frascal verso il Torrente Chiusella, ed avente dimensioni interne variabili con base pari a 1,6 m ed altezza variabile tra 1 e 2,65 m.



---

## **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.

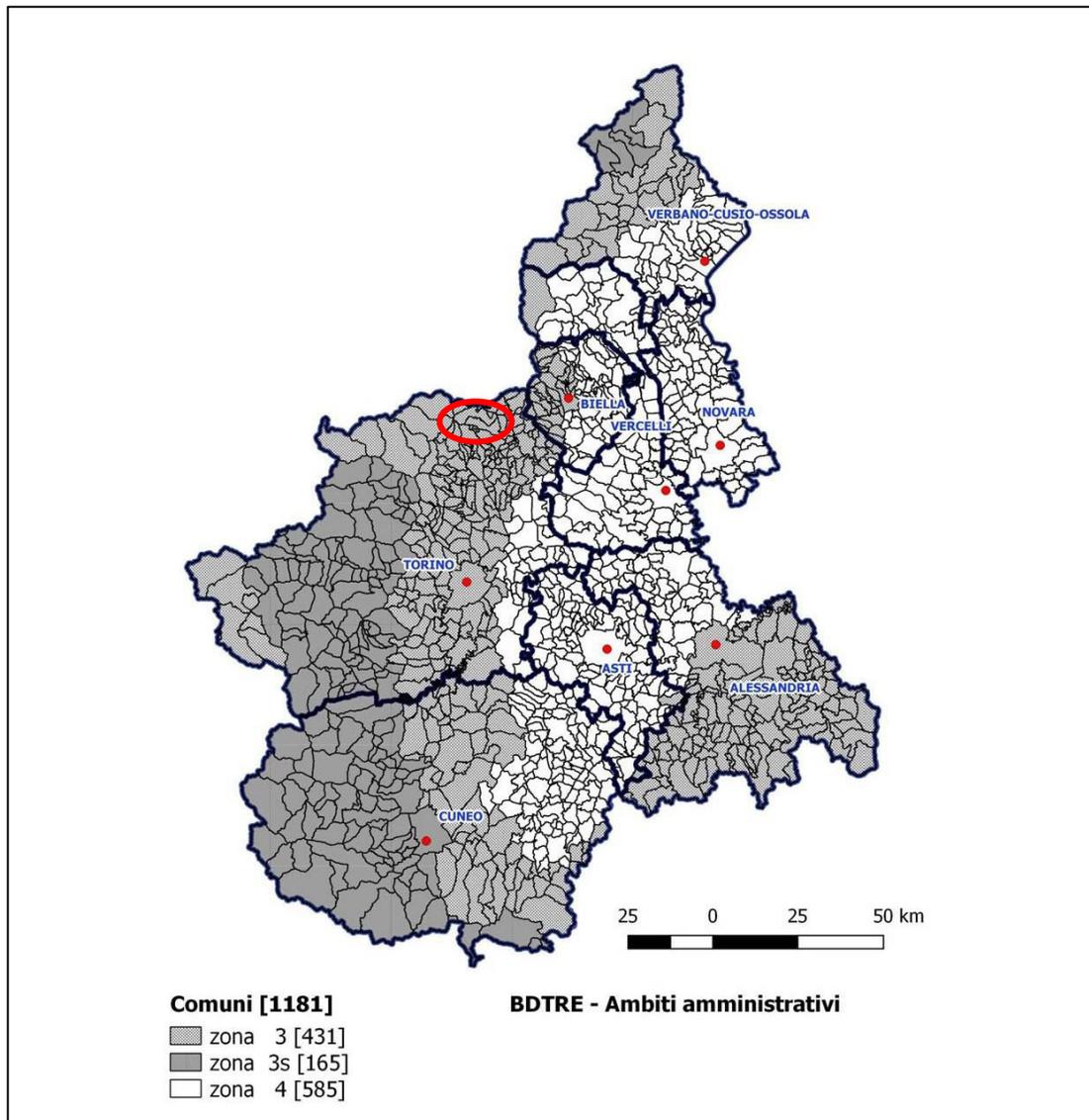


Figura 5 - Mappatura delle aree sismiche in Piemonte.

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

Regione			PIEMONTE
Provincia			TORINO
Comune			Valchiusa
Coordinate Geografiche del cantiere	Intervento 1	Latitudine	45.498539 N
		Longitudine	7.746376 E
	Intervento 2	Latitudine	45.4978019 N
		Longitudine	7.7494877 E
	Intervento 3	Latitudine	45.495686 N
		Longitudine	7.7541524 E
Altitudine	Intervento 1		710 m s.l.m.
	Intervento 2		695 m s.l.m.
	Intervento 3		675 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 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 <sup>2</sup> ]	$F_0$ [-]	$T_C$ [s]
SLO	30	0.198	2.597	0.161
SLD	50	0.245	2.598	0.191
SLV	475	0.469	2.726	0.281
SLC	975	0.554	2.790	0.298

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:

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

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

$\beta_s$  = 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:

<b>Tab. 3.2.III – Categorie topografiche</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
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:

	SLU	SLE
$a_g$ SLV	0.469	0.245
$S_t$ coefficiente di amplificazione topografica	1.0	1.0
$S_s$ coefficiente di amplificazione stratigrafica	1.8	1.8
$\beta_m$	1.0	1.0
$K_h$ [%]	8.614	4.503
$K_v$ [%]	4.307	2.2515

Tabella 7 - Parametri per la definizione dell'azione sismica



---

## 7.1 Analisi strutturale dello scatolare

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.

La struttura viene discretizzata in elementi tipo trave. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione e di rinfianco vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione

L'analisi che viene effettuata è un'analisi al passo per tener conto delle molle che devono essere eliminate (molle in trazione). L'analisi fornisce i risultati in termini di spostamenti. Dagli spostamenti si risale alle sollecitazioni nodali ed alle pressioni sul terreno.

Il calcolo degli scatolari viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle pressioni in calotta (per gli scatolari ricoperti da terreno);
- Calcolo della spinta del terreno;
- Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali (fondazione, piedritti e traverso);
- 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.

## 8 METODO E CODICI DI CALCOLO

I calcoli per il dimensionamento strutturale 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.

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 sono state 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 sono state effettuate tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I seguendo l'approccio 1, combinazione (A1 + M1 + R1).

La modellazione delle strutture e la rielaborazione dei risultati del calcolo è stata effettuata con il programma Scat 14.0 di Aztec.

La verifica degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

La struttura viene discretizzata in elementi di tipo trave, mentre per simulare il comportamento del terreno di fondazione e di rinfianco vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione. L'analisi che viene effettuata è un'analisi al passo per tener conto delle molle che devono essere eliminate (molle in



---

trazione). L'analisi fornisce i risultati in termini di spostamenti. Dagli spostamenti si risale alle sollecitazioni nodali ed alle pressioni sul terreno. Il calcolo degli scatolari viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle pressioni in calotta (per gli scatolari ricoperti da terreno)
- Calcolo della spinta del terreno
- Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali (fondazione, piedritti e traverso)
- Progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è stata 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 stata 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.

La modellazione del canale di scarico in pietrame e la rielaborazione dei risultati del calcolo è stata effettuata con il programma MAX 16.0 di Aztec.

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 fasi 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 fasi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

## 9 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

### 9.1 Calcestruzzo armato per canale in c.a. e scatolare gettato in opera

#### *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.

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

Tabella 8 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
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>		
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

<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b>		
<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
<b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>		
<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
<b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>		
<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



<b>5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza sali disgelanti</b>		
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
<b>6 Attacco chimico</b>		
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 9 Classi di esposizione

Per l'opera 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 <sup>1)</sup>	≥220

Tabella 10 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 <sup>a)</sup>	Massimo contenuto di Cl <sup>-</sup> rispetto alla massa del cemento <sup>b)</sup>
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 11 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);
- $\Delta c_{dev}$  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 40 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 12 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.

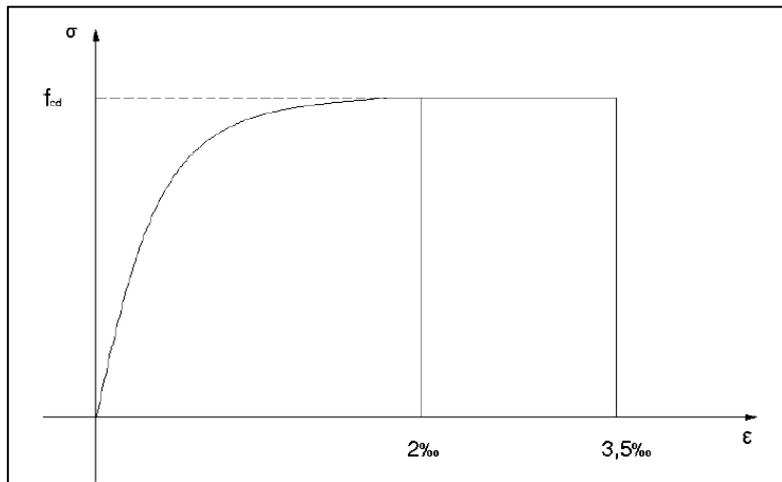


Figura 6 Diagramma di calcolo parabola – rettangolo per il calcestruzzo compresso

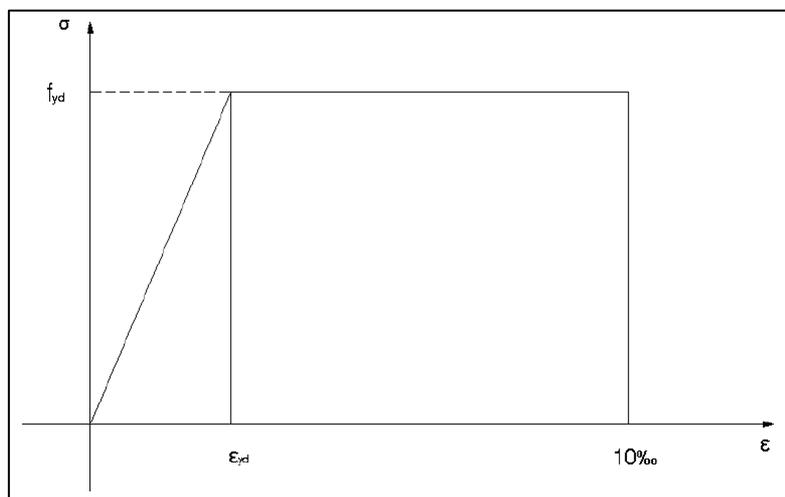


Figura 7 Diagramma di calcolo elastico – perfettamente plastico per l'acciaio delle barre di armatura

## 9.2 Acciaio

### 9.2.1 Sensibilità alla corrosione delle armature

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 precompresso, 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.

La seguente tabella riepilogativa riassume le prescrizioni relative ai materiali utilizzati per il dimensionamento dell'opera strutturale con riferimento alle condizioni ambientali e alla sensibilità delle armature alla corrosione.

Calcestruzzo scatolare
------------------------



---

Classe di esposizione ambientale		XC4
Condizione ambientale	Tab. 4.1.III D.M. 17/01/2018	Aggressive
Classe di consistenza cls		S4
Massimo rapporto a/c		0.6
D <sub>max</sub> : dimensione nominale max aggregati		32 mm
Contenuto minimo di cemento kg/m <sup>3</sup>	UNI EN 206 – 1	300
Copriferro minimo		30 mm
Tipi di acciaio		
Acciai da precompressione presenti		NO
Acciai ordinari presenti		SI
Acciai zincati presenti		NO
Acciai inox presenti		NO

Tabella 13 – Materiali

## 9.2.2 Scelta degli stati limite di fessurazione

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

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
<b>a</b>	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$< w_1$	ap. fessure	$< w_3$
<b>b</b>	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$< w_1$
<b>c</b>	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 14 - Criteri di scelta stati limite di fessurazione

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 15 - Valori limite apertura delle fessure

Per la verifica a fessurazione si è fatto riferimento ad una condizione ambientale di tipo aggressive.



## 9.3 Materiali utilizzati

### 9.3.1 Calcestruzzo per utilizzo strutturale

Calcestruzzo C25/30

Tipo di calcestruzzo		C32/40
Rck calcestruzzo	(daN/cm <sup>2</sup> )	400
Modulo elastico	(daN/cm <sup>2</sup> )	336428
Resistenza caratteristica cilindrica (fck)	(daN/cm <sup>2</sup> )	332
Resistenza caratteristica a trazione (Fctk)	(daN/cm <sup>2</sup> )	21.692
Resistenza media (Fcm)	(daN/cm <sup>2</sup> )	412
Resistenza media a trazione (Fctm)	(daN/cm <sup>2</sup> )	30.989
$\sigma_{amm}$ calcestruzzo	(daN/cm <sup>2</sup> )	122.5

### 9.3.2 Acciaio per opere in c.a.

Tipo di acciaio		B450C
$f_{yk}$ tensione caratteristica di snervamento	(daN/cm <sup>2</sup> )	4500
Modulo elastico	(daN/cm <sup>2</sup> )	2060000
$f_{tk}$ tensione caratteristica ultima	(daN/cm <sup>2</sup> )	5400
Coefficiente di Poisson $\nu$		0.3
$\gamma_s$		1.15
$F_{yd}$ tensione caratteristica ultima	(daN/cm <sup>2</sup> )	3910

Tabella 16 - Caratteristiche 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 pari a  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

### 10.2 Carichi permanenti non strutturali

Il carico permanente non strutturale è dato dalla presenza dell'acqua per altezze variabili a seconda del tratto.

### 10.3 Carichi variabili

Sui tratti stradali si considera nelle verifiche un carico variabile veicolare di  $2000 \text{ kg/m}^2$ .



## 11 COMBINAZIONI DI CARICO

Normativa usata: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

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

Tabella 17– Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche.

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

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	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unita di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

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
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

#### Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:



## 11.1 Descrizione combinazioni di carico Raccordo

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

### Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

### Combinazione n° 2 SLU (Caso A2-M2)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

### Combinazione n° 3 SLU (Caso A1-M1)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Condizione 1	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35

### Combinazione n° 4 SLU (Caso A2-M2)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Condizione 1	Sfavorevole	1.15	1.00	1.15

### Combinazione n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo




---

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 SLE (Rara)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 SLE (Quasi Permanente)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo

Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
---------	----------	--------	---

---

Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 17 SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 18 SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 19 SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 20 SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 21 SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00




---

Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 22 SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 23 SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 24 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 25 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 26 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

---

---

Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 27 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00



## 11.2 Descrizione Combinazioni di carico scatolare chiuso

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

### Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Condizione 2	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Condizione 3	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

### Combinazione n° 2 SLU (Caso A2-M2)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

### Combinazione n° 3 SLU (Caso A1-M1)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Condizione 2	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Condizione 3	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Condizione 1	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35

### Combinazione n° 4 SLU (Caso A2-M2)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.15	1.00	1.15

### Combinazione n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
--	---------	----------	--------	---




---

Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 SLE (Rara)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

---

Combinazione n° 15 SLE (Quasi Permanente)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 17 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 18 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 19 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 3	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00



---

Sisma da destra

Sfavorevole

1.00

1.00

1.00

## 12 RACCORDO GETTATO IN OPERA

Sono previsti dei raccordi gettati in opera ogni 25 metri aventi dimensioni 1,80 x 1,60 m con griglia metallica. La verifica dei raccordi gettati in opera è stata eseguita con il software SCAT 14, si è considerata la condizione più critica, ovvero quella con canale vuoto, con dimensioni massime.  
N.B. A favore della sicurezza la falda è stata considerata in superficie

### SEZIONE TIPO - RACCORDO GETTATO IN OPERA scala 1:25

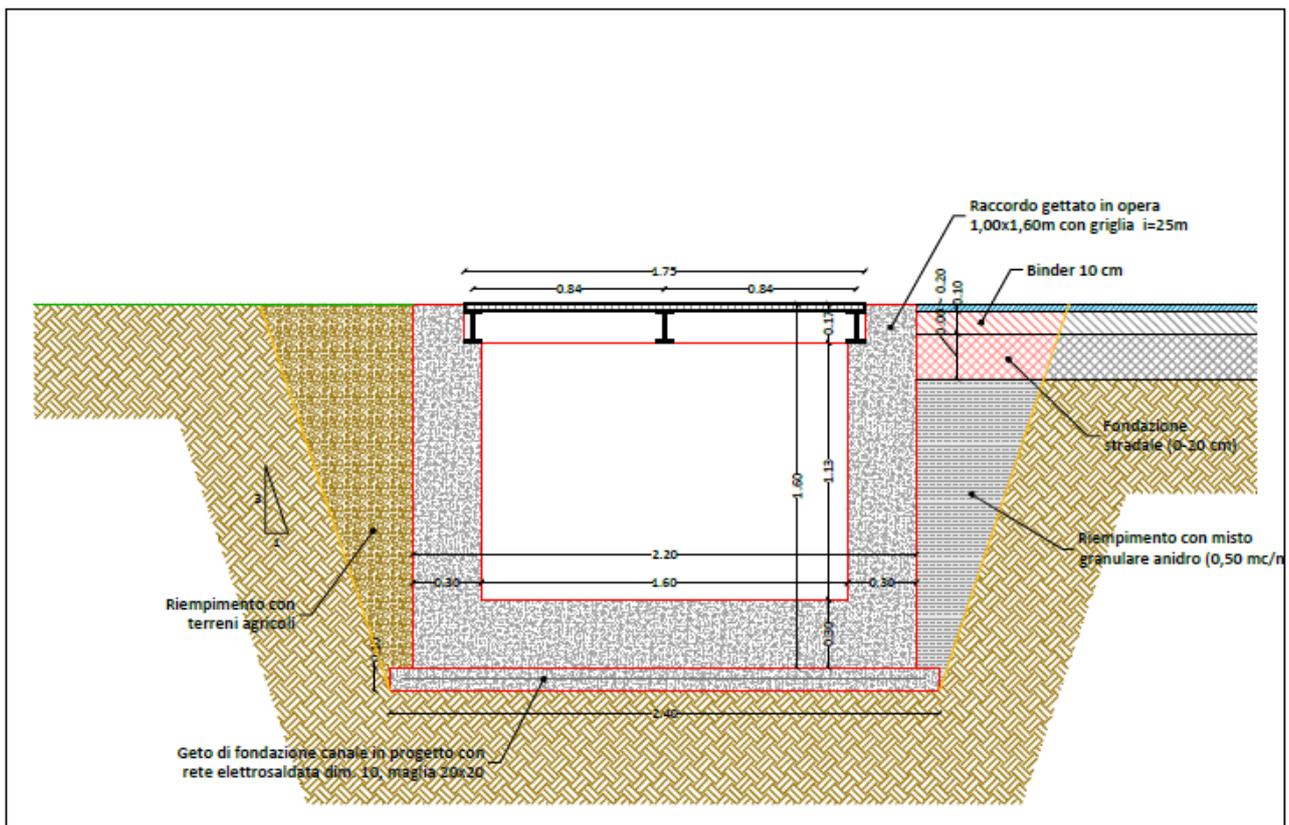


Figura 8: Sezione tipo Raccordo gettato in opera



## 12.1 Sezione di verifica

Il raccordo gettato in opera metri avrà una altezza di 1.60 m, una base di totale di 2.20 m e spessore di 0.30 m.

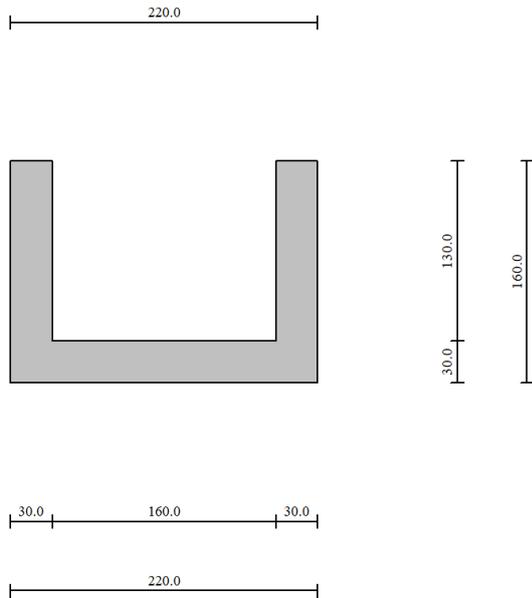


Figura 9. Geometria Sezione di verifica

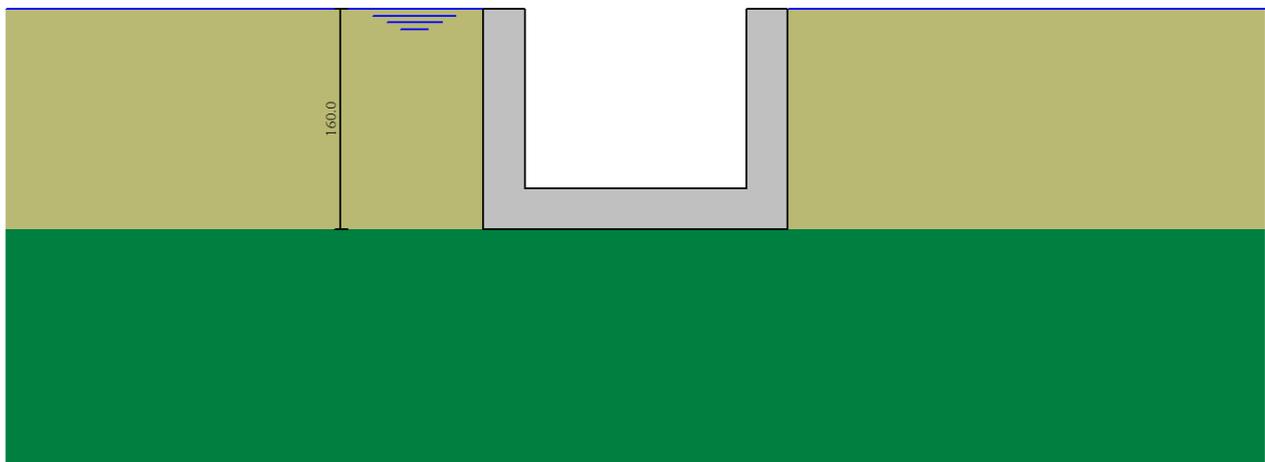


Figura 10. Stratigrafia e carichi – sezione di verifica

## 12.2 Verifiche strutturali

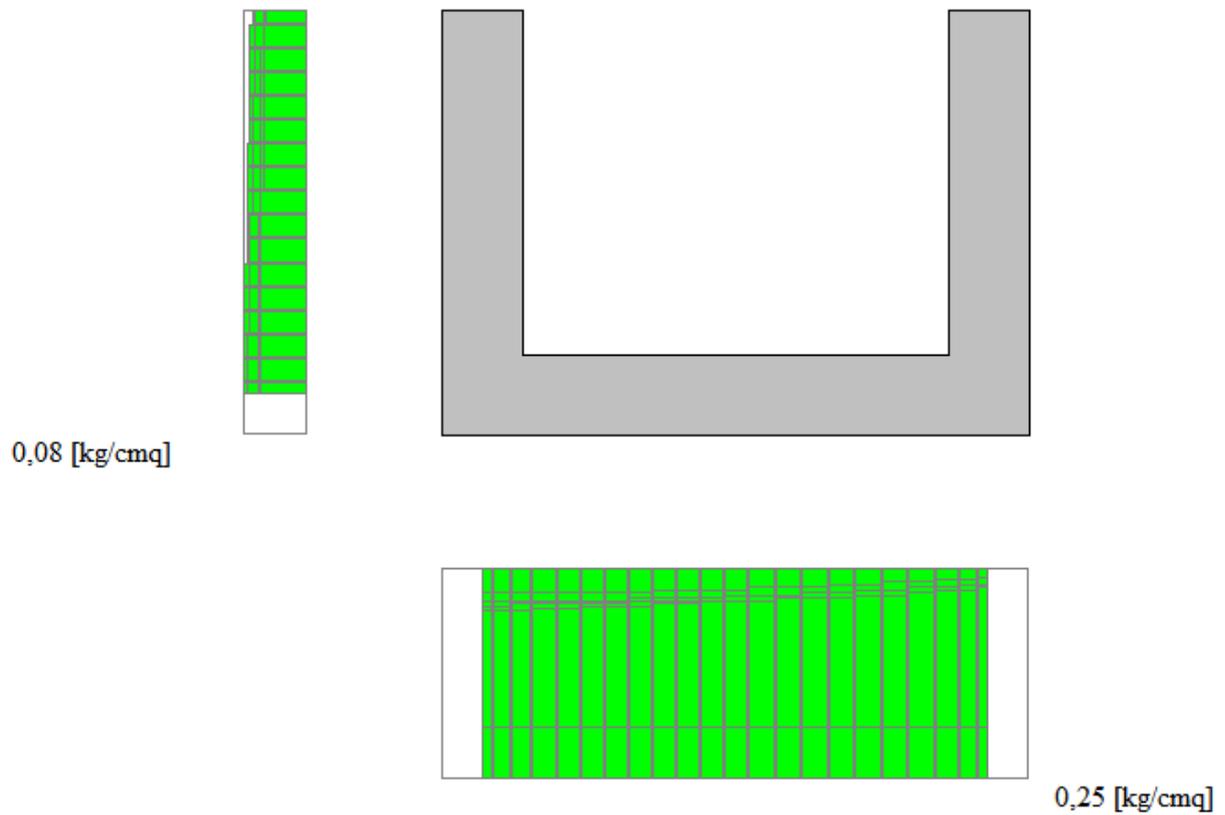


Figura 11: SLU Involuppo diagramma pressioni in fondazione

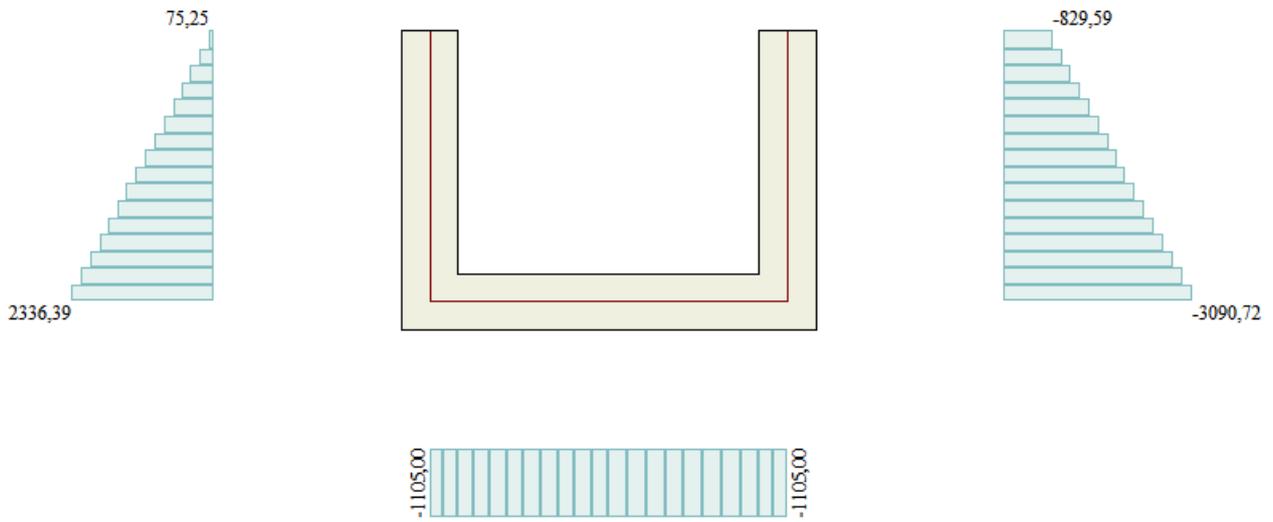


Figura 12: SLU pressioni (kg/m<sup>2</sup>), combinazione A1M1 (3) (peggiore)

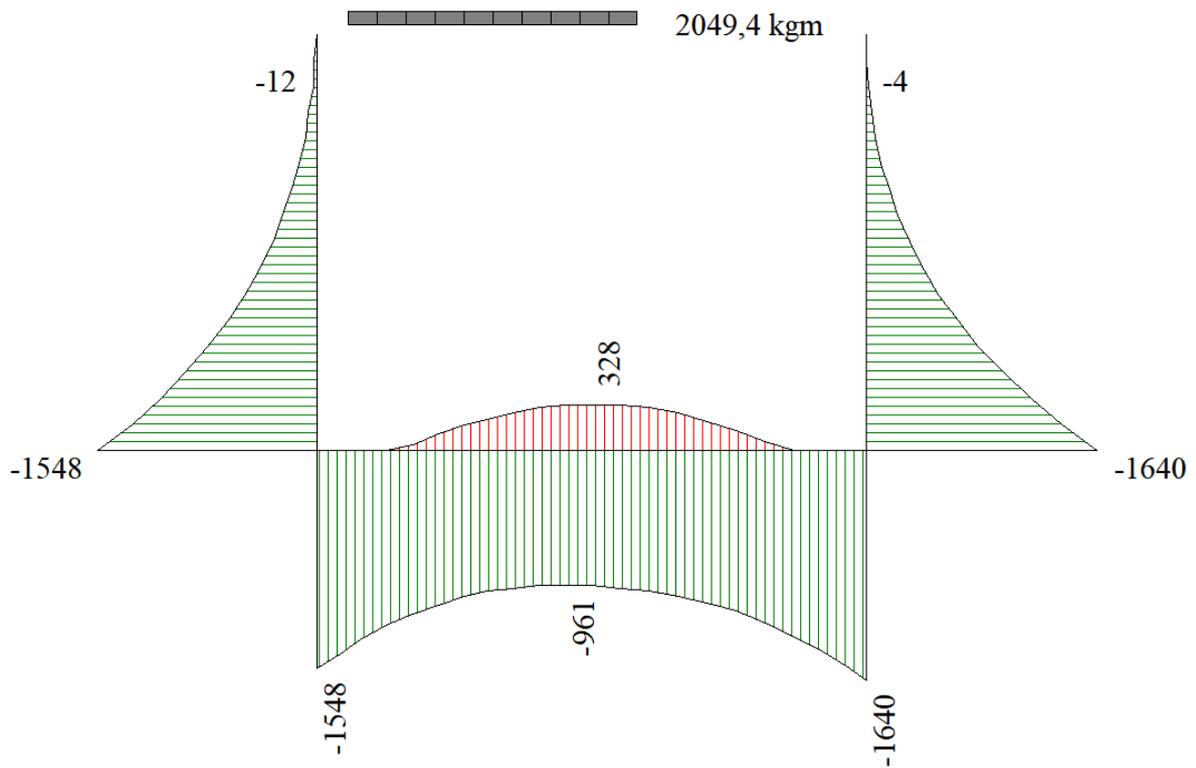


Figura 13: SLU Involuppo diagramma momento (kg/m)

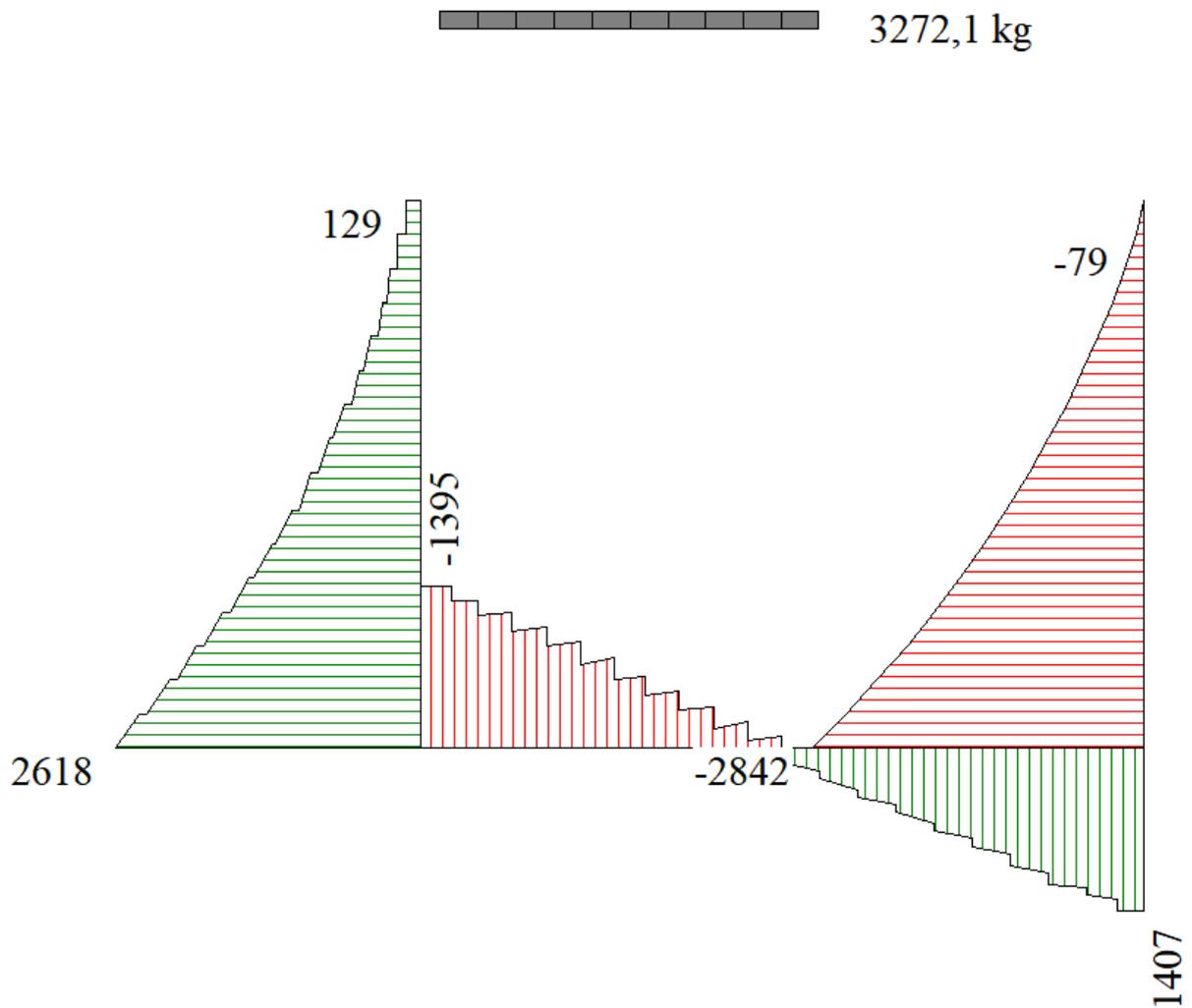


Figura 14: Diagramma taglio involuppo SLU

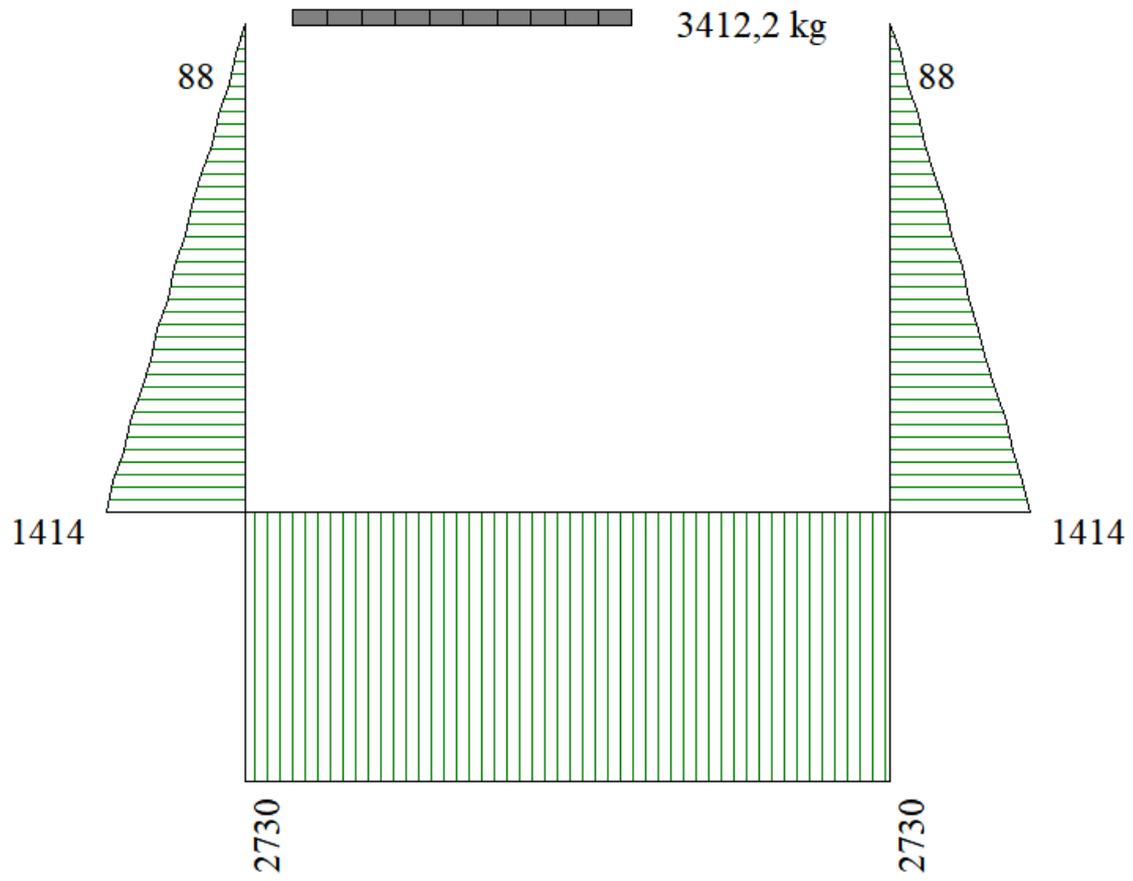


Figura 15: Sforzo normale involucro SLU

**ARMATURA RACCORDI GETTATI IN OPERA**

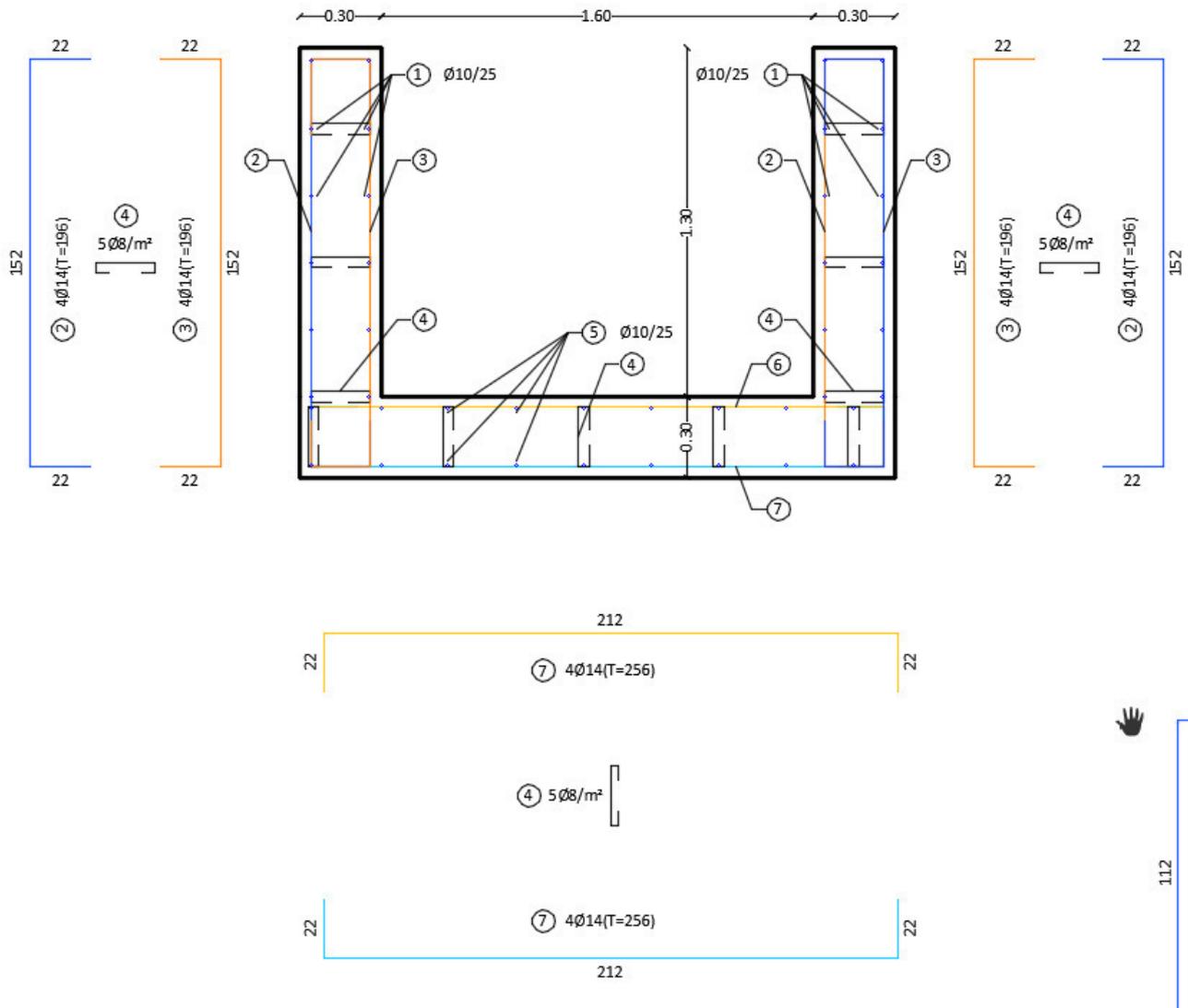


Figura 16: Armature

**Inviluppo spostamenti nodali**

Inviluppo spostamenti fondazione

X [m]	UXmin [cm]	UXmax [cm]	UYmin [cm]	UYmax [cm]
0,15	-0,1504	0,0001	0,0237	0,2471
0,66	-0,1505	0,0000	0,0250	0,2462
1,10	-0,1506	0,0000	0,0226	0,2458
1,60	-0,1507	0,0000	0,0121	0,2463
1,98	-0,1509	-0,0001	0,0003	0,2471



Inviluppo spostamenti piedritto sinistro

Y [m]	uXmin [cm]	uXmax [cm]	uYmin [cm]	uYmax [cm]
0,15	-0,1504	0,0001	0,0237	0,2471
0,88	-0,1426	0,0006	0,0237	0,2472
1,60	-0,1321	0,0016	0,0237	0,2472

Inviluppo spostamenti piedritto destro

Y [m]	uXmin [cm]	uXmax [cm]	uYmin [cm]	uYmax [cm]
0,15	-0,1509	-0,0001	0,0003	0,2471
0,88	-0,1702	0,0001	0,0004	0,2472
1,60	-0,1920	-0,0001	0,0004	0,2472

## Inviluppo sollecitazioni nodali

Inviluppo sollecitazioni fondazione

X [m]	M <sub>min</sub> [kgm]	M <sub>max</sub> [kgm]	V <sub>min</sub> [kg]	V <sub>max</sub> [kg]	N <sub>min</sub> [kg]	N <sub>max</sub> [kg]
0,15	-1548	-329	-1395	-1016	680	2730
0,66	-1048	182	-591	-411	680	2730
1,10	-963	328	42	123	680	2730
1,60	-1143	143	586	866	680	2730
2,05	-1640	-329	1016	1407	680	2730

Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kgm]	M <sub>max</sub> [kgm]	V <sub>min</sub> [kg]	V <sub>max</sub> [kg]	N <sub>min</sub> [kg]	N <sub>max</sub> [kg]
0,15	-1548	-329	680	2618	1041	1414
0,88	-315	-41	169	892	520	707
1,60	0	0	0	129	0	0

Inviluppo sollecitazioni piedritto destro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kgm]	M <sub>max</sub> [kgm]	V <sub>min</sub> [kg]	V <sub>max</sub> [kg]	N <sub>min</sub> [kg]	N <sub>max</sub> [kg]
0,15	-1640	-329	-2842	-680	1041	1414
0,88	-305	-41	-984	-169	520	707
1,60	0	0	0	0	0	0

## Inviluppo pressioni terreno

Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione

X [m]	$\sigma_{\min}$ [kg/cmq]	$\sigma_{\max}$ [kg/cmq]
0,15	0,02	0,25
0,66	0,02	0,25
1,10	0,02	0,25
1,60	0,01	0,25
2,05	0,00	0,25

## Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)

### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm  
 Altezza sezione H = 30,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,15	6,16	6,16	4,77
0,66	6,16	6,16	7,26
1,10	6,16	6,16	9,06
1,60	6,16	6,16	6,24
2,05	6,16	6,16	4,77

X	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0,15	13986	0	0	0,00
0,66	13986	0	0	0,00
1,10	13986	0	0	0,00
1,60	13986	0	0	0,00
2,05	13986	0	0	0,00

### Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm  
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,15	6,16	6,16	4,55
0,88	6,16	6,16	14,03
1,60	6,16	6,16	208,05

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0,15	14078	0	0	0,00
0,88	13986	0	0	0,00
1,60	13894	0	0	0,00



Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione      B = 100 cm  
 Altezza sezione    H = 30,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,15	6,16	6,16	4,27
0,88	6,16	6,16	13,88
1,60	6,16	6,16	1000,00

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0,15	14078	0	0	0,00
0,88	13986	0	0	0,00
1,60	13894	0	0	0,00

**Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)**

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione      B = 100 cm  
 Altezza sezione    H = 30,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0,15	6,16	6,16	17,28	711,71	109,77
0,66	6,16	6,16	11,89	439,20	83,30
1,10	6,16	6,16	10,56	373,75	76,52
1,60	6,16	6,16	12,81	488,15	87,53
2,05	6,16	6,16	18,01	754,44	112,58

X	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0,15	-0,5	0,00
0,66	-0,2	0,00
1,10	0,0	0,00
1,60	0,3	0,00
2,05	0,5	0,00

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione      B = 100 cm  
 Altezza sezione    H = 30,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
---	-----------------	-----------------	----------------	-----------------	-----------------

---

0,15	6,16	6,16	17,30	95,71	805,43
0,88	6,16	6,16	3,59	23,73	141,91
1,60	6,16	6,16	0,00	0,00	0,00

Y	$\tau_c$	$A_{sw}$
0,15	1,0	0,00
0,88	0,3	0,00
1,60	0,0	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione      B = 100 cm  
 Altezza sezione    H = 30,00 cm

Y	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0,15	6,16	6,16	18,03	99,15	843,22
0,88	6,16	6,16	3,43	22,95	133,77
1,60	6,16	6,16	0,00	0,00	0,00

Y	$\tau_c$	$A_{sw}$
0,15	-1,1	0,00
0,88	-0,4	0,00
1,60	0,0	0,00




---

## Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

$IC$  Indice della combinazione

$N_c, N_q, N_g$  Fattori di capacità portante

$N_c, N_q, N_g$  Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.

$q_u$  Portanza ultima del terreno, espressa in [kg/cmq]

$Q_U$  Portanza ultima del terreno, espressa in [kg]/m

$Q_Y$  Carico verticale al piano di posa, espressa in [kg]/m

$FS$  Fattore di sicurezza a carico limite

$IC$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$	$q_u$	$Q_U$	$Q_Y$	$FS$
1	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	256,62	5645555	4680	1206,32
2	30,28	16,73	12,48	30,28	16,73	12,48	128,62	2829729	3600	786,04
3	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	220,56	4852270	728	6665,21
4	30,28	16,73	12,48	30,28	16,73	12,48	105,91	2329915	560	4160,56
5	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	188,02	4136338	405	10214,35
6	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	215,17	4733821	715	6620,30
7	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	215,17	4733821	715	6620,30
8	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	188,02	4136338	405	10214,35
9	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	227,77	5010899	405	12374,00
10	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	235,10	5172217	715	7233,40
11	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	235,10	5172217	715	7233,40
12	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	227,77	5010899	405	12374,00

## 13 SCATOLARE CHIUSO

In prossimità della deviazione del Rio Frascal verso il Torrente Chiusella, vede il suddetto scatolare non prefabbricato come i precedenti ma in calcestruzzo armato gettato in opera ed avente dimensioni interne variabili con base pari a 1,6 m ed altezza variabile tra 1 e 2,65 m.

N.B. a favore della sicurezza la sezione di verifica sarà quella con altezza massima.

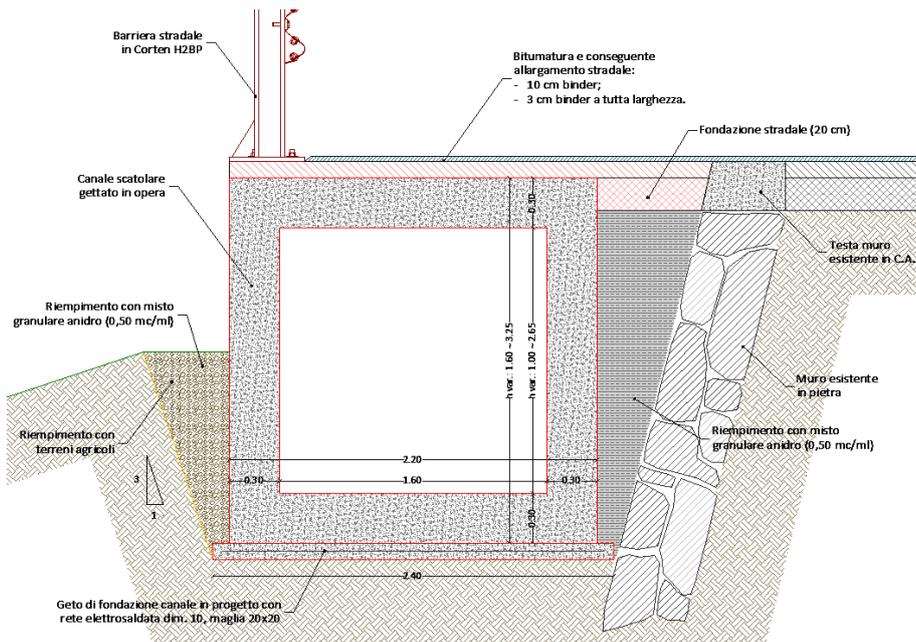


Figura 17: Sezione tipo



## 13.1 Sezione di verifica

Il raccordo gettato in opera metri avrà una altezza di 1.60 m, una base di totale di 2.20 m e spessore di 0.30 m.

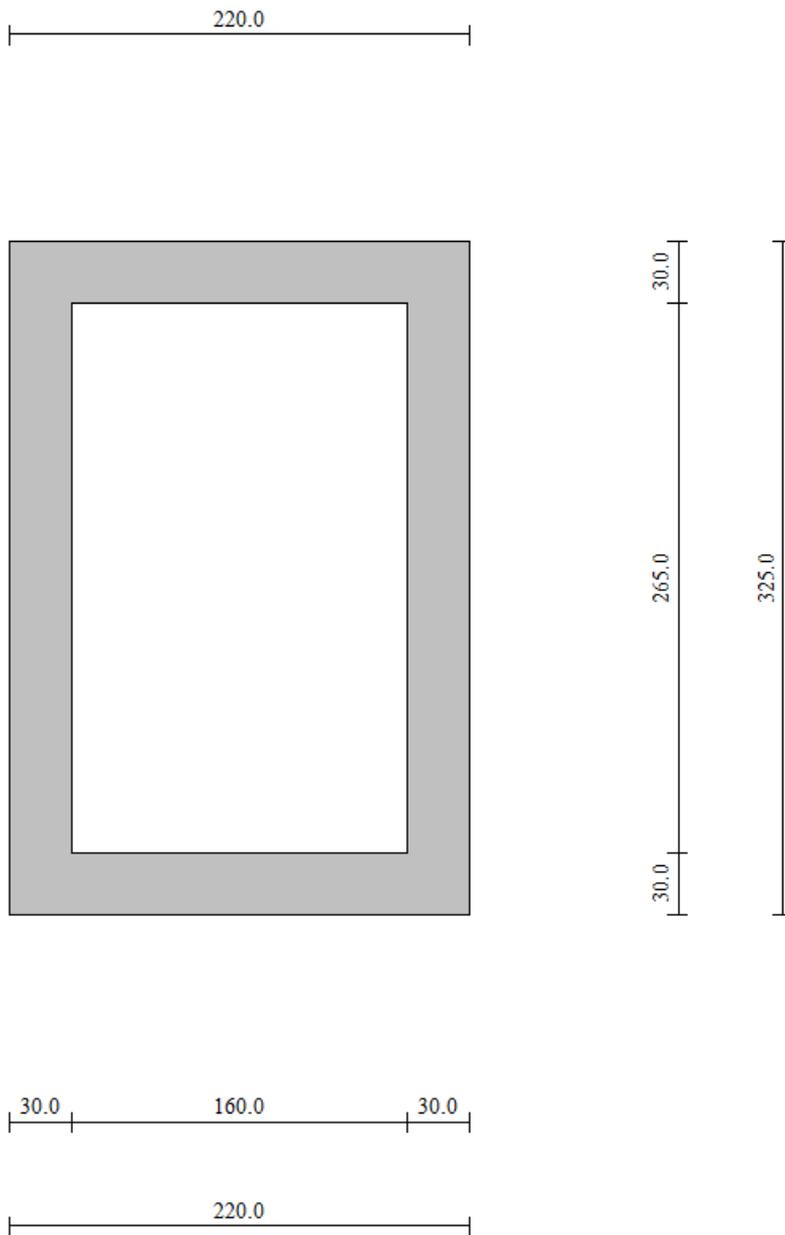


Figura 18. Geometria Sezione di verifica

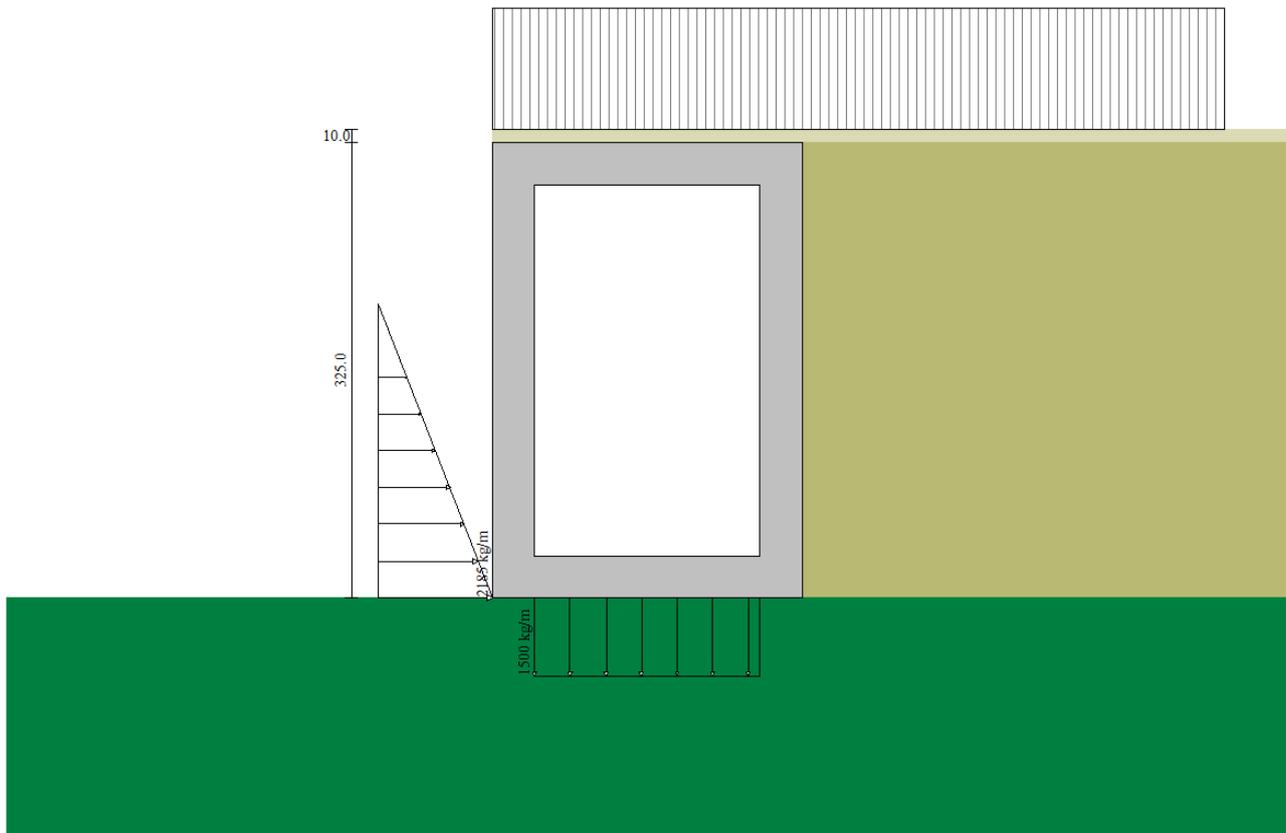


Figura 19. Stratigrafia e carichi – sezione di verifica



## 13.2 Verifiche strutturali

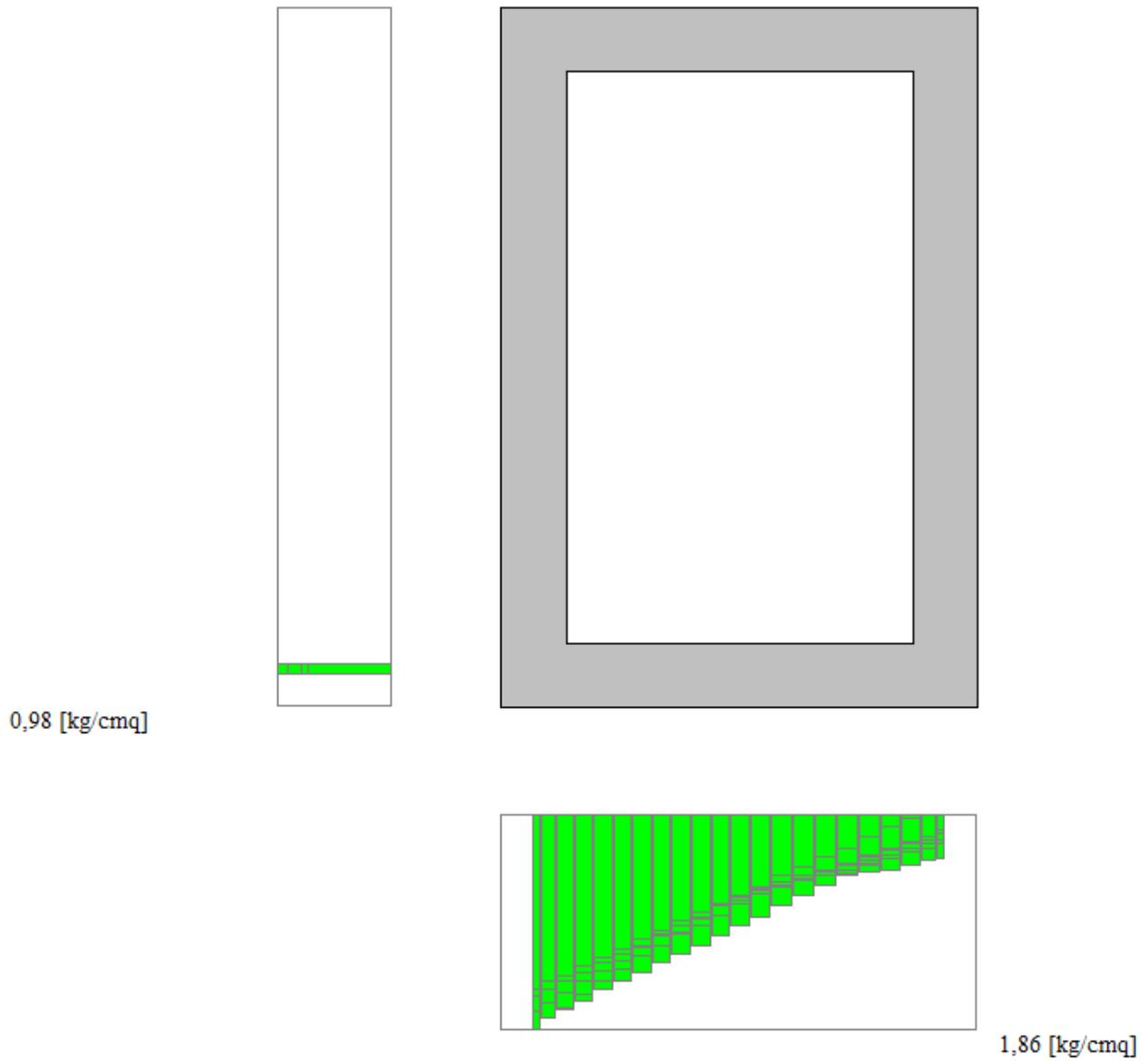


Figura 20: SLU Inviluppo diagramma pressioni in fondazione

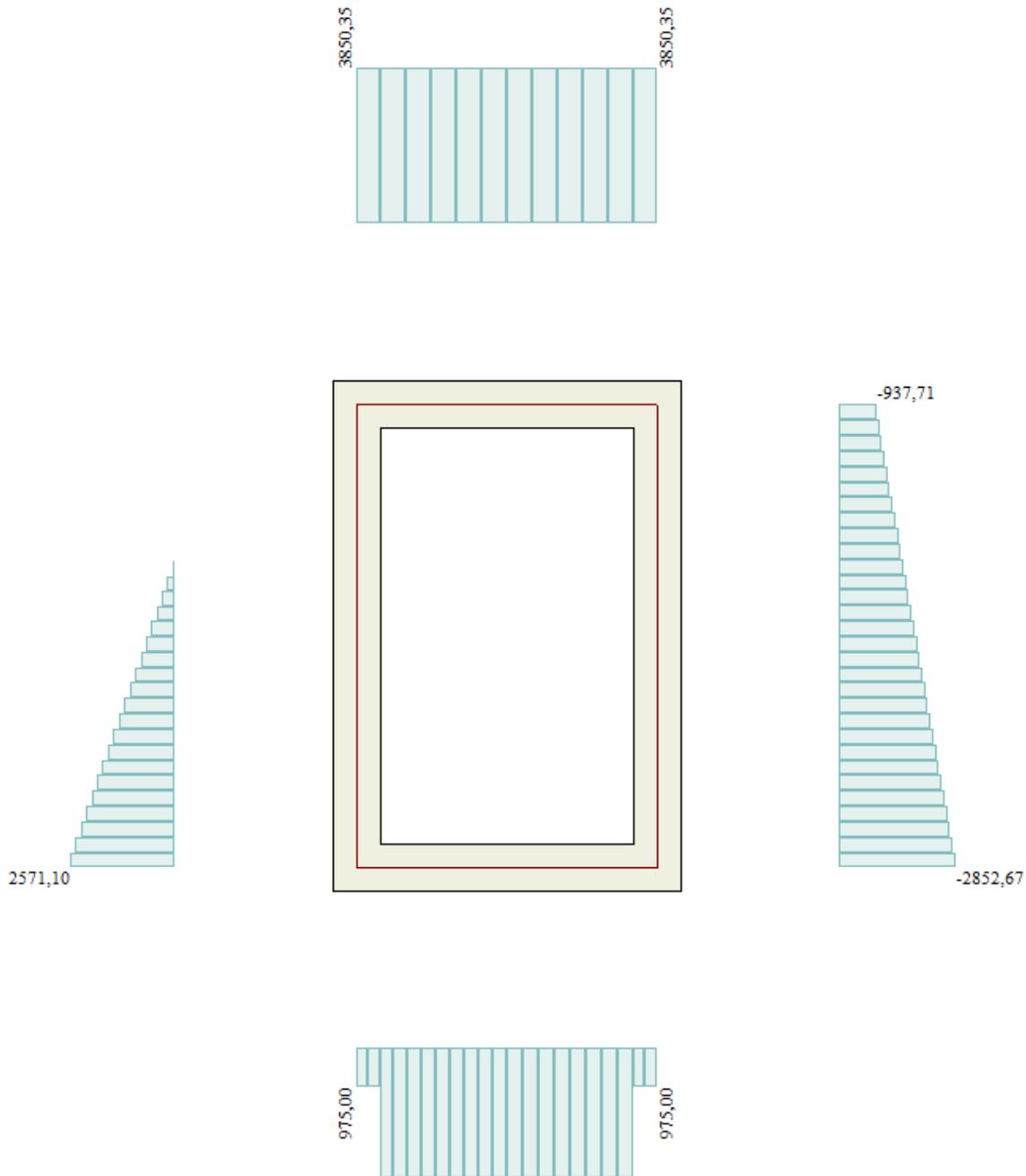


Figura 21: SLU pressioni (kg/m<sup>2</sup>), combinazione A1M1 (3) (peggiore)

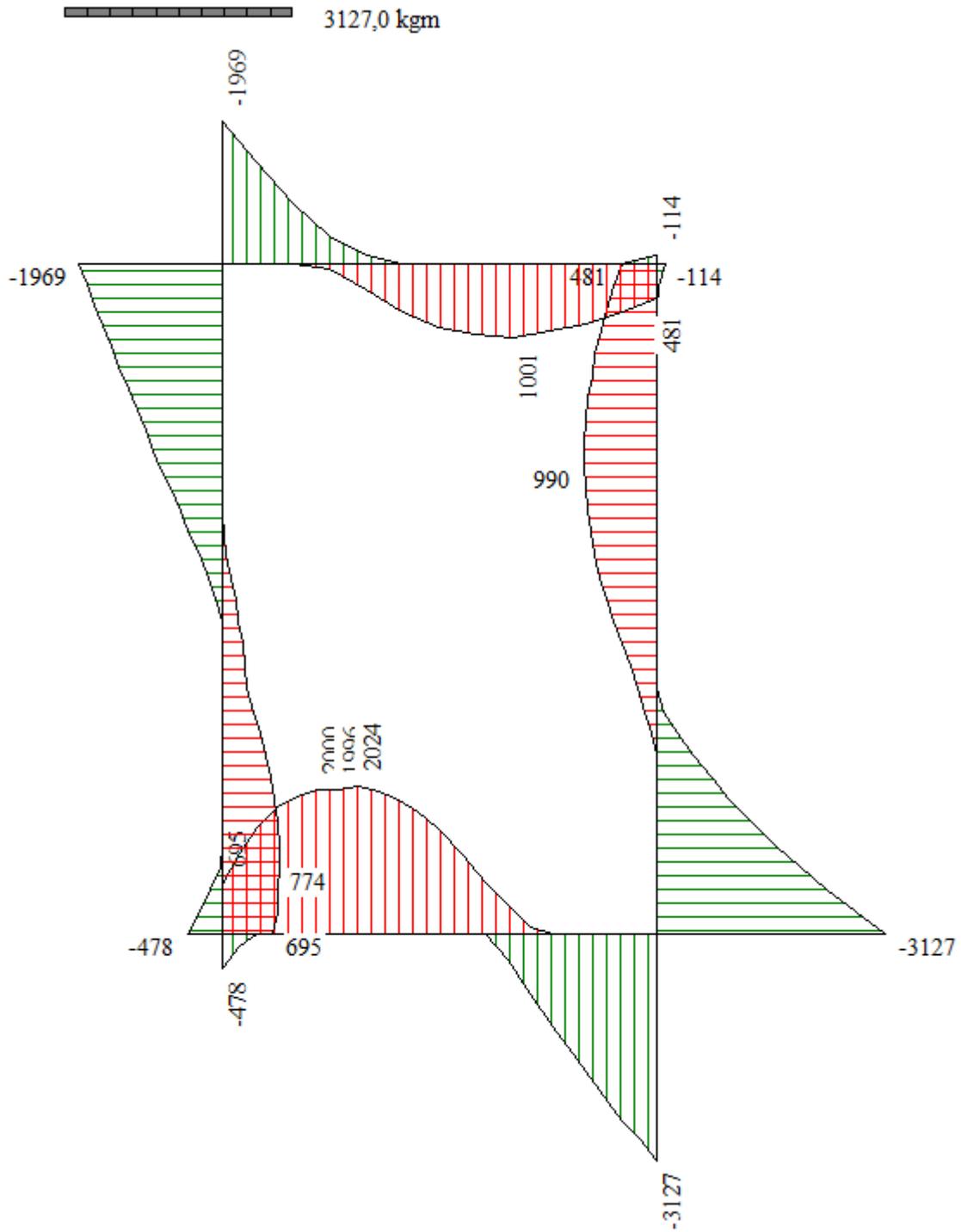


Figura 22: SLU Inviluppo diagramma momento (kg/m)

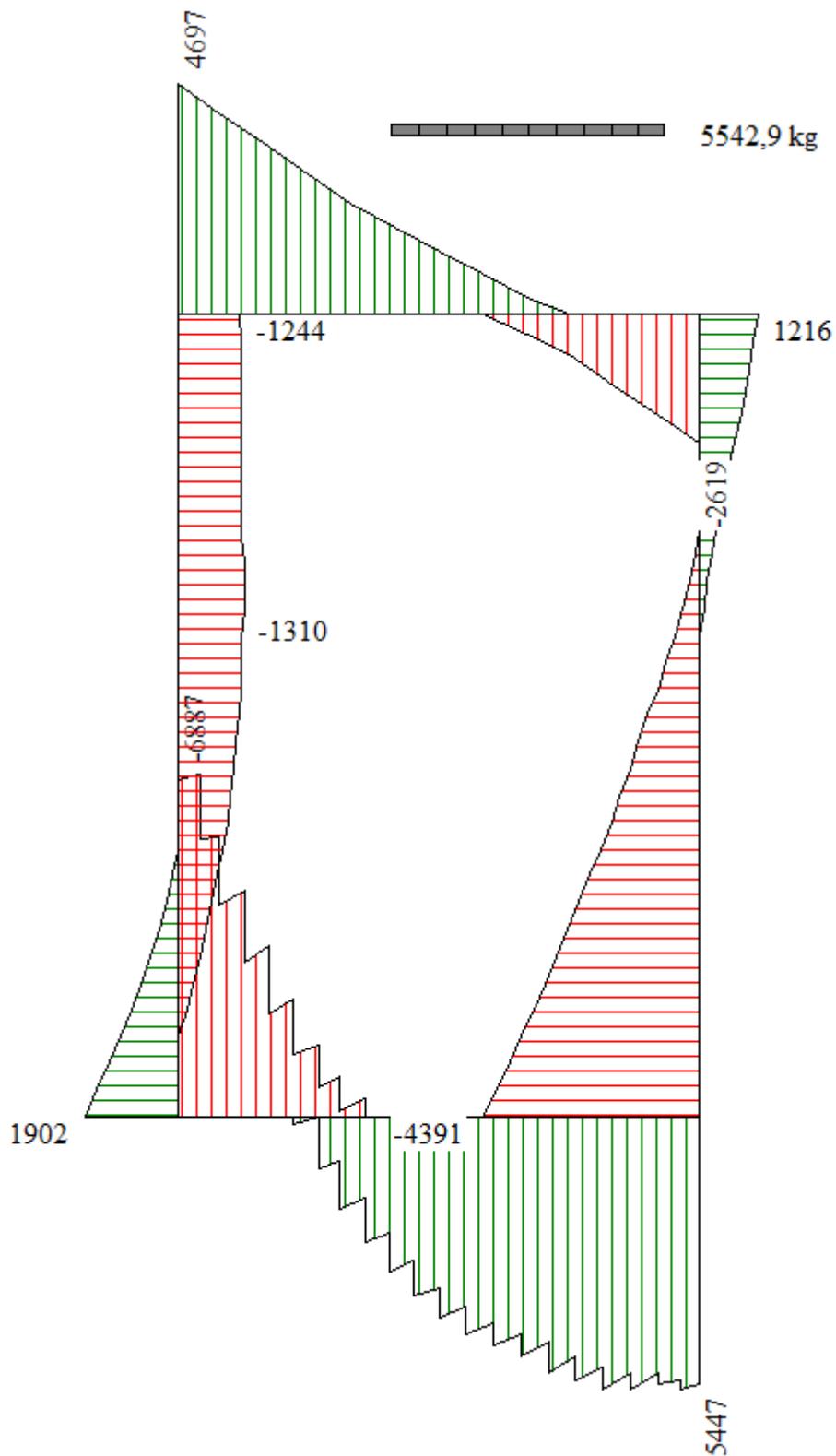


Figura 23: Diagramma taglio involuppo SLU

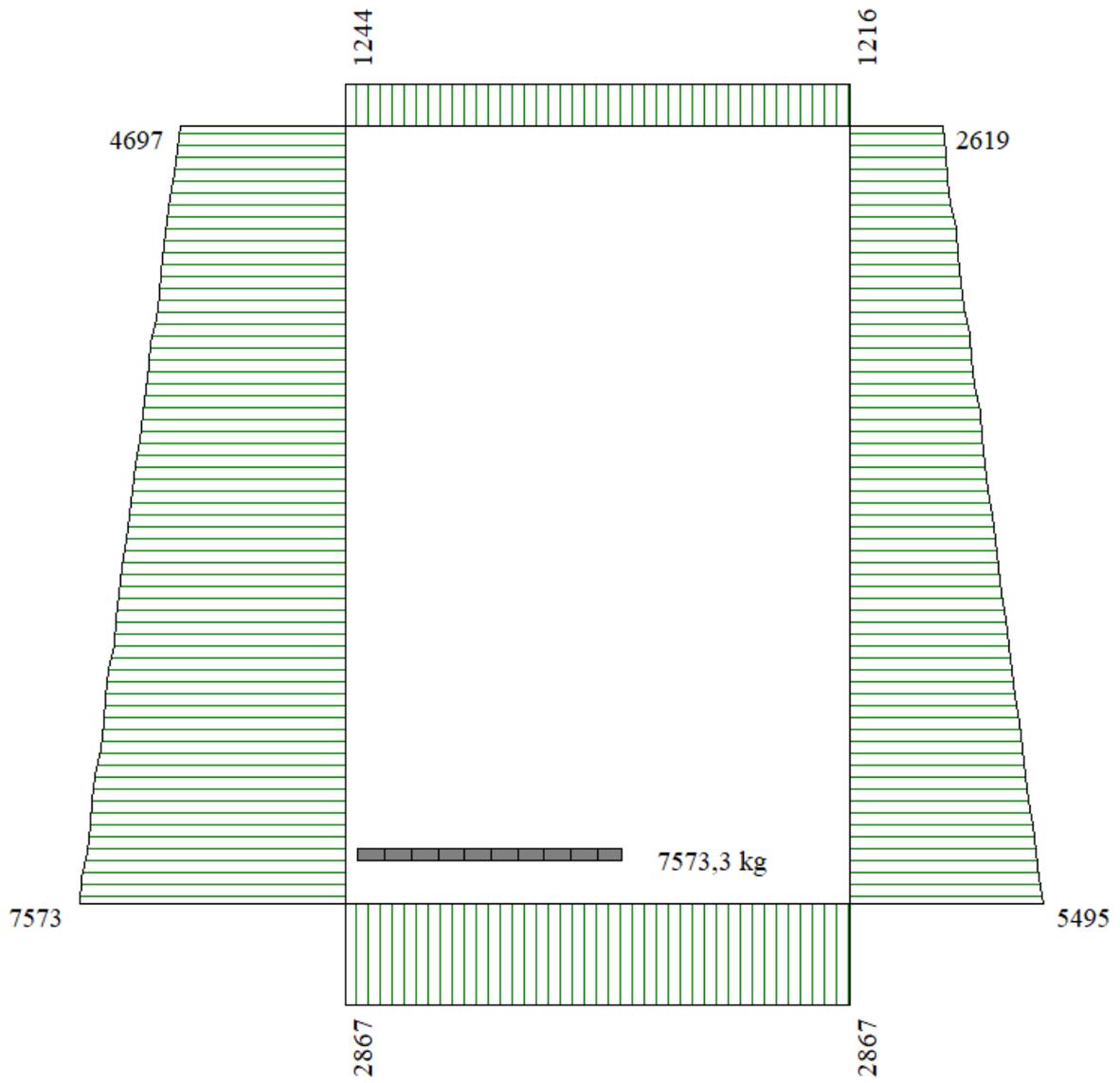


Figura 24: Sforzo normale involuppo SLU

**ARMATURA CANALE GETTATO IN OPERA**

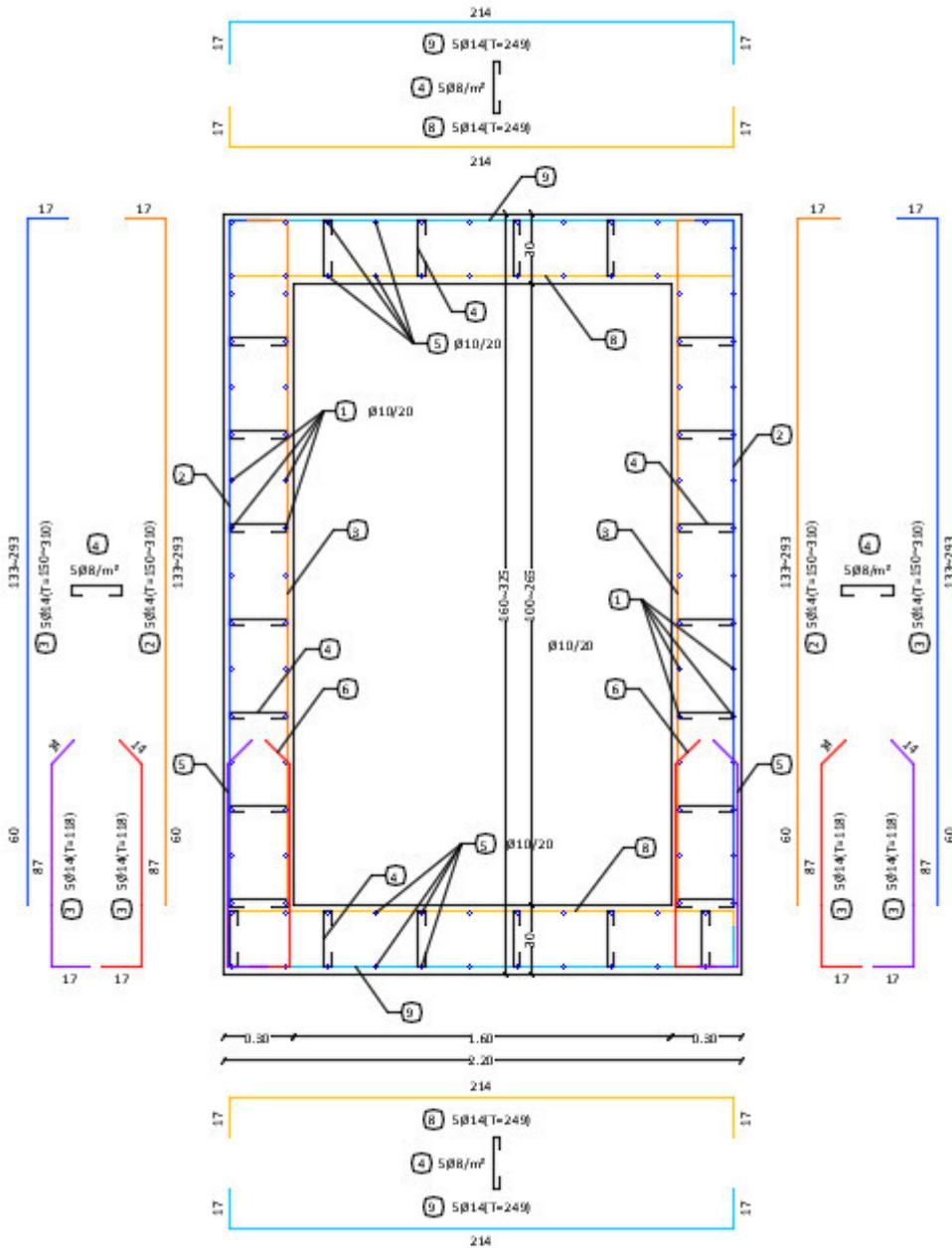


Figura 25: Armature



## Inviluppo spostamenti nodali

### Inviluppo spostamenti fondazione

X [m]	u <sub>Xmin</sub> [cm]	u <sub>Xmax</sub> [cm]	u <sub>Ymin</sub> [cm]	u <sub>Ymax</sub> [cm]
0,15	-1,9555	-0,4231	0,9272	1,8584
0,66	-1,9556	-0,4233	0,7332	1,3710
1,10	-1,9557	-0,4234	0,5644	0,9725
1,60	-1,9558	-0,4235	0,0796	0,5431
1,98	-1,9559	-0,4236	-0,4726	0,3925

### Inviluppo spostamenti traverso

X [m]	u <sub>Xmin</sub> [cm]	u <sub>Xmax</sub> [cm]	u <sub>Ymin</sub> [cm]	u <sub>Ymax</sub> [cm]
0,15	-5,6291	-1,4327	0,9279	1,8599
0,62	-5,6292	-1,4328	0,7487	1,4116
1,10	-5,6292	-1,4328	0,5665	0,9830
1,58	-5,6293	-1,4328	0,1072	0,5519
2,05	-5,6293	-1,4329	-0,4718	0,3932

### Inviluppo spostamenti piedritto sinistro

Y [m]	u <sub>Xmin</sub> [cm]	u <sub>Xmax</sub> [cm]	u <sub>Ymin</sub> [cm]	u <sub>Ymax</sub> [cm]
0,15	-1,9555	-0,4231	0,9272	1,8584
1,63	-3,7946	-0,9271	0,9276	1,8592
3,10	-5,6291	-1,4327	0,9279	1,8599

### Inviluppo spostamenti piedritto destro

Y [m]	u <sub>Xmin</sub> [cm]	u <sub>Xmax</sub> [cm]	u <sub>Ymin</sub> [cm]	u <sub>Ymax</sub> [cm]
0,15	-1,9559	-0,4236	-0,4726	0,3925
1,63	-3,7976	-0,9314	-0,4721	0,3930
3,10	-5,6293	-1,4329	-0,4718	0,3932

## Inviluppo sollecitazioni nodali

### Inviluppo sollecitazioni fondazione

X [m]	M <sub>min</sub> [kgm]	M <sub>max</sub> [kgm]	V <sub>min</sub> [kg]	V <sub>max</sub> [kg]	N <sub>min</sub> [kg]	N <sub>max</sub> [kg]
0,15	-478	695	-6887	-3175	2001	2867
0,66	714	1996	-605	1063	2001	2867
1,10	487	1432	1467	4117	2001	2867
1,60	-1274	-259	2472	5399	2001	2867
2,05	-3127	-1549	2592	5447	2001	2867

### Inviluppo sollecitazioni traverso

X [m]	M <sub>min</sub> [kgm]	M <sub>max</sub> [kgm]	V <sub>min</sub> [kg]	V <sub>max</sub> [kg]	N <sub>min</sub> [kg]	N <sub>max</sub> [kg]
0,15	-1969	-758	1310	4697	632	1244
0,62	-382	50	873	2887	632	1216
1,10	68	865	401	1289	632	1216
1,58	166	920	-829	-19	632	1216
2,05	-114	481	-2619	-457	632	1216

### Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kgm]	M <sub>max</sub> [kgm]	V <sub>min</sub> [kg]	V <sub>max</sub> [kg]	N <sub>min</sub> [kg]	N <sub>max</sub> [kg]
0,15	-478	695	544	1902	3523	7573
1,63	-93	184	-1222	-514	2417	6135
3,10	-1969	-758	-1244	-632	1310	4697

### Inviluppo sollecitazioni piedritto destro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kgm]	M <sub>max</sub> [kgm]	V <sub>min</sub> [kg]	V <sub>max</sub> [kg]	N <sub>min</sub> [kg]	N <sub>max</sub> [kg]
0,15	-3127	-1549	-4391	-2655	2669	5495
1,63	379	682	-1035	-307	1563	4057
3,10	-114	481	632	1216	457	2619

## Inviluppo pressioni terreno

### Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione

X [m]	$\sigma_{\text{min}}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\text{max}}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
0,15	0,93	1,86
0,66	0,73	1,37
1,10	0,56	0,97
1,60	0,08	0,54
2,05	0,00	0,39

## Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)

### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione      B = 100 cm  
 Altezza sezione    H = 30,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,15	7,70	7,70	4,67
0,66	7,70	7,70	4,66
1,10	7,70	7,70	4,73
1,60	7,70	7,70	3,78
2,05	7,70	7,70	2,80



X	$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$	$A_{sw}$
0,15	14554	0	0	0,00
0,66	14554	0	0	0,00
1,10	14554	0	0	0,00
1,60	14554	0	0	0,00
2,05	14554	0	0	0,00

Verifica sezioni trasverso (Inviluppo)

Base sezione      B = 100 cm  
 Altezza sezione    H = 30,00 cm

X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	CS
0,15	7,70	7,70	4,37
0,62	7,70	7,70	8,93
1,10	7,70	7,70	9,30
1,58	7,70	7,70	9,30
2,05	7,70	7,70	11,25

X	$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$	$A_{sw}$
0,15	14330	0	0	0,00
0,62	14330	0	0	0,00
1,10	14330	0	0	0,00
1,58	14330	0	0	0,00
2,05	14330	0	0	0,00

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione      B = 100 cm  
 Altezza sezione    H = 30,00 cm

Y	$A_{fi}$	$A_{fs}$	CS
0,15	7,70	7,70	27,87
1,63	7,70	7,70	65,29
3,10	7,70	7,70	5,37

Y	$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$	$A_{sw}$
0,15	14838	0	0	0,00
1,63	14643	0	0	0,00
3,10	14449	0	0	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm  
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,15	7,70	7,70	2,98
1,63	7,70	7,70	12,92
3,10	7,70	7,70	13,83

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0,15	14729	0	0	0,00
1,63	14535	0	0	0,00
3,10	14341	0	0	0,00

## Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm  
 Altezza sezione H = 30,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0,15	7,70	7,70	3,63	42,32	54,60
0,66	7,70	7,70	19,32	170,60	782,77
1,10	7,70	7,70	12,22	113,02	449,00
1,60	7,70	7,70	9,61	318,62	92,73
2,05	7,70	7,70	30,11	1311,55	255,77

X	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0,15	-2,4	0,00
0,66	-0,2	0,00
1,10	1,5	0,00
1,60	2,0	0,00
2,05	1,9	0,00

Verifica sezioni trasverso (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm  
 Altezza sezione H = 30,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0,15	7,70	7,70	18,26	152,67	817,03
0,62	7,70	7,70	2,38	25,71	54,03
1,10	7,70	7,70	7,16	286,85	63,56
1,58	7,70	7,70	8,52	345,48	75,23
2,05	7,70	7,70	3,21	93,10	32,46



X	$\tau_c$	$A_{sw}$
0,15	1,7	0,00
0,62	1,1	0,00
1,10	0,5	0,00
1,58	-0,3	0,00
2,05	-0,9	0,00

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm  
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0,15	7,70	7,70	3,89	35,45	52,33
1,63	7,70	7,70	1,99	28,52	17,99
3,10	7,70	7,70	18,53	174,61	652,34

Y	$\tau_c$	$A_{sw}$
0,15	0,5	0,00
1,63	-0,4	0,00
3,10	-0,5	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm  
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0,15	7,70	7,70	30,33	270,14	1208,09
1,63	7,70	7,70	5,91	124,94	64,91
3,10	7,70	7,70	3,11	57,27	35,15

Y	$\tau_c$	$A_{sw}$
0,15	-1,7	0,00
1,63	-0,4	0,00
3,10	0,4	0,00

## Verifiche geotecniche

*Simbologia adottata*

$IC$  Indice della combinazione

$N_c, N_q, N_g$  Fattori di capacità portante

$N_c, N_q, N_g$  Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.

$q_u$  Portanza ultima del terreno, espressa in [kg/cmq]

$Q_U$  Portanza ultima del terreno, espressa in [kg]/m

$Q_V$  Carico verticale al piano di posa, espressa in [kg]/m

$FS$  Fattore di sicurezza a carico limite

IC	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$	$q_u$	$Q_U$	$Q_V$	FS
1	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	215,01	4730284	13502	350,34
2	30,28	16,73	12,48	30,28	16,73	12,48	100,86	2218850	10737	206,65
3	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	184,76	4064693	18521	219,47
4	30,28	16,73	12,48	30,28	16,73	12,48	81,72	1797849	15012	119,76
5	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	200,12	4402600	14048	313,40
6	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	197,93	4354365	13421	324,44
7	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	200,12	4402600	14048	313,40
8	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	197,93	4354365	13421	324,44
9	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	146,80	3229698	14048	229,91
10	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	150,95	3320915	13421	247,44
11	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	146,80	3229698	14048	229,91
12	48,09	32,23	32,57	48,09	32,23	32,57	150,95	3320915	13421	247,44



---

## 14 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati illustrati i risultati delle verifiche geotecniche e strutturali relative alle sezioni significative delle opere da realizzarsi nell'ambito del progetto denominato *"Messa in sicurezza del territorio a rischio idro-geologico. Sistemazione idraulica dei principali Rii a ridosso degli abitati e delle infrastrutture viarie del Comune di Valchiusa. Sotto-murazione scogliera in dx del Chiusella in Località Frascal. Sistemazione mediante interventi di consolidamento/ricostruzione tratto muro di sostegno lungo strada comunale in fregio al Rio Frascal in Comune di Valchiusa"*

Per il disegno delle armature si rimanda agli elaborati grafici.

Per quanto concerne le verifiche geotecniche, effettuate sulle opere, 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 su ciascun elemento risultano ampiamente **SODDISFATTE**.