

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

**U.O. INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

**RI - OPERE DI SOSTEGNO SEDE FERROVIARIA E STRADALE**

Relazione di calcolo muri di recinzione

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

N M 2 5    0 3    D    2 6    C L    R I 0 0 0 5    0 0 3    B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Prima Emissione	G.Coppa	Aprile 2020	P.Scarano	Aprile 2020	M. Bertingieri	Aprile 2020	A.Perego Giugno 2020 
B	Revisione interna	G.Coppa	Giugno 2020	P.Scarano	Giugno 2020	M. Bertingieri	Giugno 2020	

File: NM2503D26CLR10005003B.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	5
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	6
3	MATERIALI UTILIZZATI .....	7
3.1	CALCESTRUZZO .....	7
	3.1.1 Calcestruzzo Paramento e Cordolo di Fondazione .....	7
	3.1.2 Calcestruzzo Pali di fondazione .....	7
3.2	ACCIAIO DA C.A. ....	8
3.3	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI .....	9
3.4	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE .....	9
4	PARAMETRI SISMICI .....	10
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	11
6	MODELLO DI CALCOLO.....	13
6.1	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON COULOMB.....	13
6.2	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON MONONOBE & OKABE.....	14
6.3	CARICO UNIFORME SUL TERRAPIENO .....	14
6.4	SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI SISMICHE .....	14
7	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	16
8	ANALISI DEI CARICHI .....	17
8.1	CONDIZIONI DI CARICO .....	17
	8.1.1 Peso proprio strutturale (PP).....	17
	8.1.2 Carichi permanenti portati (PERM).....	17
	8.1.3 Spinta del terreno (SPDX).....	17
	8.1.4 Spinta da sovraccarico permanente (SP_PERM).....	17
	8.1.5 Azioni della falda (SPTW).....	18
	8.1.6 Azioni variabili da traffico .....	18

8.1.7	Azione dovuta all'urto sul muro (URTOX-URTOY).....	18
8.1.8	Azione dovuta al vento sulla barriera antirumore (VENTO) .....	19
8.1.9	Pressione aerodinamica dei convogli (P_DIN).....	27
8.1.10	Azioni sismiche.....	28
8.2	COMBINAZIONI DI CARICO .....	30
9	CRITERI DI CALCOLO.....	33
9.1	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	33
9.1.1	Capacità portante per carichi trasversali.....	34
9.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	37
9.2.1	Verifiche allo stato limite ultimo .....	37
9.2.2	Verifiche allo stato limite di esercizio .....	39
10	MODELLAZIONE NUMERICA .....	41
10.1	PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA .....	41
10.2	MODELLI DI CALCOLO.....	41
11	ANALISI DEI RISULTATI -ZONA CORRENTE.....	44
11.1	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI.....	44
11.2	ANALISI DEGLI SPOSTAMENTI .....	47
12	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	48
12.1	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE .....	48
12.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEL SISTEMA STRUTTURA-TERRENO.....	49
12.3	VERIFICHE AL CARICO LIMITE ORIZZONTALE .....	50
12.3.1	Capacità portante orizzontale – condizioni non drenate.....	50
12.3.2	Capacità portante orizzontale – condizioni drenate.....	53
13	VERIFICHE STRUTTURALI .....	56
13.1	PALO DI FONDAZIONE .....	56
13.2	PARAMENTO .....	59

13.3	CORDOLO.....	64
14	ANALISI DEI RISULTATI -ZONA BORDO.....	67
14.1	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI.....	67
14.2	ANALISI DEGLI SPOSTAMENTI .....	70
15	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	71
15.1	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE .....	71
15.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEL SISTEMA STRUTTURA-TERRENO.....	72
15.3	VERIFICHE AL CARICO LIMITE ORIZZONTALE .....	73
	15.3.1 Capacità portante orizzontale – condizioni non drenate.....	73
	15.3.2 Capacità portante orizzontale – condizioni drenate.....	76
16	VERIFICHE STRUTTURALI .....	78
16.1	PALO DI FONDAZIONE .....	78
16.2	PARAMENTO .....	81
16.3	CORDOLO.....	86
17	INCIDENZE.....	89
18	ALLEGATI .....	90
18.1	ALLEGATO 1: MODELLO PER COMBINAZIONI SLU/SLE-ZONA CORRENTE .....	91
18.2	ALLEGATO 2: MODELLO PER AZIONI ECCEZIONALI-ZONA CORRENTE.....	133
18.3	ALLEGATO 3: MODELLO PER COMBINAZIONI SLU/SLE-ZONA BORDO .....	170
18.4	ALLEGATO 4: MODELLO PER AZIONI ECCEZIONALI-ZONA CORRENTE.....	213

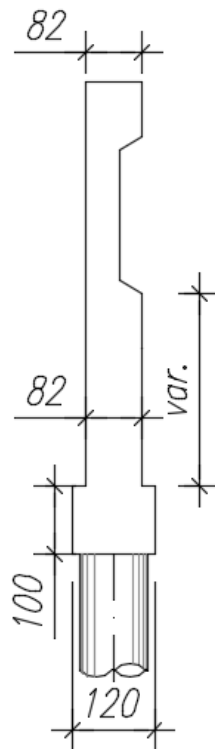
## 1\_ PREMESSA

La presente relazione di calcolo viene emessa nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi al Progetto definitivo del Raddoppio Ferroviario Codogno-Cremona-Mantova e riguarda il dimensionamento della struttura su fondazioni profonde in calcestruzzo armato gettato in opera, prevista a sostegno dei rilevati della linea ferroviaria.

Si distinguono due sezioni, rispettivamente per la zona corrente e per la zona di bordo del paramento:

- nella sezione corrente verrà realizzato un muro di sostegno su singola fila di pali con funzione di mitigazione: il paramento ha spessore in testa e alla base di 0,82m e altezza massima di 4,90m (2,00m su P.F.) mentre il cordolo di base ha larghezza di 1,20m e altezza 1,00m. I pali di fondazione sono disposti su unica fila, con interasse longitudinale di 2,20m, diametro Ø1000 e profondità massima di 10,00m. In testa al muro verrà installata una barriera antirumore di altezza massima H10.
- nella sezione di bordo verrà realizzato un muro di sostegno su singola fila di pali con funzione di mitigazione: il paramento ha spessore in testa e alla base di 0,82m e altezza massima di 4,90m (2,00m su P.F.) mentre il cordolo di base ha larghezza di 1,20m e altezza 1,00m. I pali di fondazione sono disposti su unica fila, con interasse longitudinale di 1,20m, diametro Ø1000 e profondità massima di 10,00m. In testa al muro verrà installata una barriera antirumore di altezza massima H10.

L'opera ricade in zona sismica e sono state pertanto considerate le azioni derivanti dall'analisi sismica, secondo quanto previsto dal D.M. 17/01/18.



*Figura 1 Sezione tipo*

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b>					
	Relazione di calcolo muri di recinzione	COMMESSA <b>NM25</b>	LOTTO <b>03 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI 00 05 003</b>	REV. <b>B</b>

## **2\_ NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le vigenti disposizioni legislative e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- UNI EN 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo”;
- UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI EN 1998-5 “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- RFI DTC SI MA IFS 001 C - Manuale di progettazione delle opere civili – Parte I;
- RFI DTC SI AM MA IFS 001 B - Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 1 – Ambiente;
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C - Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale;
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili”.

### 3 MATERIALI UTILIZZATI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati, ricavate con riferimento alle indicazioni contenute D.M.17 gennaio 2018. Le classi di esposizione dei calcestruzzi sono coerenti con la UNI EN 206-1-2001.

#### 3.1 Calcestruzzo

##### 3.1.1 Calcestruzzo Paramento e Cordolo di Fondazione

Si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza 32/40 ( $R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza media a compressione

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 \text{ N/mm}^2$$

- Modulo elastico

$$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza di calcolo a compressione

$$f_{cd} = a_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times f_{ck} / 1.5 = 18.81 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza a trazione

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza a compressione (comb. Rara)

$$\sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 18.26 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)

$$\sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 13.28 \text{ N/mm}^2$$

##### 3.1.2 Calcestruzzo Pali di fondazione

Per la realizzazione dei pali di fondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C25/30 ( $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza media a compressione

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90 \text{ N/mm}^2$$

- Modulo elastico

$$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza di calcolo a compressione

$$f_{cd} = a_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85^* f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza a trazione

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza a compressione (comb. Rara)

$$\sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 13.70 \text{ N/mm}^2$$

- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)

$$\sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 9.96 \text{ N/mm}^2$$

### 3.2 Acciaio da C.A.

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| • acciaio                                | B450C                              |
| • tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;    |
| • tensione caratteristica di rottura     | $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ ;    |
| • resistenza di calcolo a trazione       | $f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$ ; |
| • modulo elastico                        | $E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$ .   |

Tensioni di progetto dell'acciaio allo S.L.E.

Per l'acciaio avente caratteristiche corrispondenti a quanto indicato al Cap. 11 del D.M.2018, la tensione massima,  $\sigma_s$  per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:  $\sigma_s < 0,75 f_{yk} = 0,75 \cdot 450 = 337,50 \text{ N/mm}^2 \rightarrow$  tensione massima di esercizio per l'acciaio.



	<b>RADDOPPIO LINEA COLOGNO – CREMONA – MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b>					
	Relazione di calcolo muri di recinzione	COMMESSA <b>NM25</b>	LOTTO <b>03 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI 00 05 003</b>	REV. <b>B</b>

### 3.3 Durabilità e prescrizioni sui materiali

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Per le opere della presente relazione, in base a quanto prescritto dal Capitolato di Costruzione RFI 2018, si adotta quanto segue:

Elevazione	Classe di esposizione	XC4
Pali di fondazione e cordolo di fondazione	Classe di esposizione	XC2

### 3.4 Copriferro minimo e copriferro nominale

Al fine di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; definito come la distanza tra la superficie esterna dell'armatura, inclusi collegamenti e staffe, e la superficie di calcestruzzo più vicina.

In riferimento alla Tabella 2.5.2.2.3.2.-1 del Manuale di Progettazione delle Opere Civili Parte II - Sezione 2, per il muro in esame risulta un copriferro minimo  $c_{min}=40mm$ .

Per i pali di fondazione si applica invece un copriferro minimo  $c_{min}=60mm$ .

#### 4\_ PARAMETRI SISMICI

Come indicato nella “ Relazione geotecnica generale” la vita nominale ( $V_N$ ) dell’opera è stata assunta pari a 50 anni. La classe d’uso assunta è la II.

Vita nominale:	$V_N = 50$ anni
Classe d’uso	II
Coefficiente d’uso	$C_u = 1.0$
Periodo di riferimento	$V_R = V_N \times C_u = 50$ anni
Categoria del suolo	C
Categoria topografica	T1
Stato Limite	SLV
Tempo di ritorno	475

In favore di sicurezza, si adotteranno i parametri maggiormente cautelativi, relativi al tratto A3 (Punto di riferimento P4), riportato in “Relazione geotecnica generale.

I valori delle caratteristiche sismiche per lo SLV (TR=475 anni) sono i seguenti:

latitudine	= 45.159632
longitudine	= 10.784886
$a_g$	= 0.091 g
$F_0$	= 2.56;
$T^*c$	= 0.305 s;

Il sottosuolo su cui insiste l’opera ricade in categoria sismica “C” e categoria topografica “T1”. I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica risultano quindi:

$S_s$	= 1.50
$S_T$	= 1.0

Risulta quindi:

$a_{max}$	= 1.37 m/s <sup>2</sup>
-----------	-------------------------

## 5\_INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per il dimensionamento dei pali di fondazione, si farà riferimento alle stratigrafie più gravosa tra quelle in cui ricadono le opere di mitigazione. In particolare si farà riferimento alla tratta T5, descritta nella Relazione Geotecnica generale e di seguito riportata:

UNITA'		Ws1	WRa2	WRs2	
Stratigrafia	DA	[m P.C.]	0.0	5.0	17.0
	A	[m P.C.]	5.0	17.0	21.0
Parametri di resistenza	$\gamma_n$	[kN/m <sup>3</sup> ]	19.0	19.0	19.0
	$\varphi'$	[°]	33.0	25.0	33.0
	$c'$	[kPa]	0	0	0
	$c_u$	[kPa]	-	50 fino a 10 m da pc 60 oltre 10 m da pc	-
Parametri di deformabilità	$G_0$	[MPa]	40.0-70.0	60-80	70.0
	NSPT		5-30	12-20	8-9
	$E_{op2}$	[MPa]	20.0-35.0	25.0	50.0
	OCR	[-]	-	2.0	-
	CR	[-]	-	0.160	-
	RR	[-]	-	0.032	-
	$C_{ae}$	[%]	-	0.150	-
$k_v^{(*)}$	[m/s]	2.00E-07	1.00E-08	5.00E-07	

I parametri geotecnici impiegati per il rilevato ferroviario sono:

$\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$       peso di volume naturale  
 $\varphi' = 38^\circ$               angolo di resistenza al taglio  
 $c' = 0.00 \text{ kPa}$         coesione drenata

Si assume la falda presente a quota p.c.



**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	12 di 249

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA COLOGNO – CREMONA – MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b>					
	Relazione di calcolo muri di recinzione	COMMESSA <b>NM25</b>	LOTTO <b>03 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI 00 05 003</b>	REV. <b>B</b>

## 6\_ MODELLO DI CALCOLO

Il dimensionamento delle opere di sostegno è stato eseguito analizzando gli stati limite ultimi che si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali costituenti le opere stesse.

Le azioni considerate sulle opere di sostegno sono quelle dovute al peso proprio del terreno e del materiale di riempimento, ai sovraccarichi permanenti o variabili dovuti rispettivamente al carico permanente della scarpata o ai carichi mobili.

Nel dimensionamento delle opere è stato assunto, per il terreno spingente costituito da materiale da rilevato, un angolo di resistenza al taglio pari a 38° e un angolo di attrito terreno-muro nullo, sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche.

Per ogni stato limite ultimo analizzato è stata rispettata la seguente condizione:

$$Ed \leq Rd$$

essendo Ed è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, ed Rd è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica della suddetta condizione, sia per le verifiche strutturali sia per le verifiche geotecniche, è stata effettuata applicando l'Approccio 2 delle NTC18 in cui è prevista la seguente combinazione di coefficienti:

Combinazione : A1+M1+R3 (STR/GEO)

Considerando i coefficienti parziali riportati nelle tab.6.2.I, 6.2..II e 6.5.I delle stesse NTC 2018.

### 6.1 Calcolo della spinta attiva con Coulomb

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Coulomb è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \times \gamma_t \times z$$

La spinta St è applicata ad 1/3 H di valore

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 K_a$$

Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\psi - \phi)}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi + \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \phi) \cdot \text{sen}(\phi - \beta)}{\text{sen}(\psi + \delta) \cdot \text{sen}(\psi - \beta)}} \right]^2}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA COLOGNO – CREMONA – MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b>					
	Relazione di calcolo muri di recinzione	COMMESSA <b>NM25</b>	LOTTO <b>03 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI 00 05 003</b>	REV. <b>B</b>

Valori limite di KA:

$\delta < (\psi - \phi - \beta)$  secondo Muller-Breslau

$\gamma_t$  Peso unità di volume del terreno;

$\psi$  Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

$\phi$  Angolo di resistenza al taglio del terreno;

$\delta$  Angolo di attrito terra-muro;

$\beta$  Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

H Altezza della parete.

## 6.2 Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Mononobe & Okabe riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo  $\varepsilon$ , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo  $\beta$ , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità  $\theta$  tale che:

$$\operatorname{tg} \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

con  $k_h$  coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  verticale.

## 6.3 Carico uniforme sul terrapieno

Un carico Q, uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_q = K_A \times Q \times \sin \psi / \sin(\psi + \beta)$$

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \cdot \frac{\sin(\psi)}{\sin(\psi + \beta)}$$

Con punto di applicazione ad H/2, avendo indicato con  $K_a$  il coefficiente di spinta attiva secondo Muller-Breslau.

## 6.4 Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

dove:

H altezza muro

$k_v$  coefficiente sismico verticale

$\gamma$  peso per unità di volume del terreno

$K_{a,E}$  coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico)

$\beta \leq \varphi - \theta$

$$K_{a,E} = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta - \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta - \theta)}{\sin(\alpha - \delta - \theta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$\beta > \varphi - \theta$

$$K_{a,E} = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta - \theta)}$$

$E_{wS}$  spinta idrostatica dell'acqua

$E_{wd}$  spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica  $E_{wd} = 0$ , ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo  $\theta$  della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

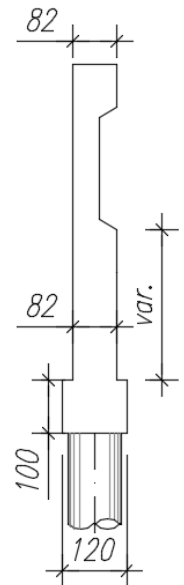
Con  $H'$  altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

## 7\_ GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Il muro in cemento armato a presidio del rilevato ferroviario presenta fondazioni di tipo profondo con le seguenti caratteristiche:

- paramento murario di altezza variabile fino ad un massimo di 4.90m e spessore massimo in testa e alla base di 0,82 m e 0,50 m lungo il fusto;
- fondazione caratterizzata da spessore costante pari a 1,00m e larghezza totale di 1,20m;
- pali di fondazione sono disposti su unica fila, con interasse longitudinale di 2,20 m in zona corrente e 1,20 in zona di bordo, diametro  $\varnothing 1000$  e profondità di 10,00 m.

Spessore medio del ballast + armamento	$H_b =$	0.80m
Larghezza della fondazione	$L_{tot} =$	1.20m
Spessore del cordolo	$S_f =$	1.00m
Spessore alla base del paramento	$S_p =$	0.82m
Altezza della fascia di spinta	$H_{spinta} =$	2.00m
Altezza del paramento	$H_p =$	4.90m
Altezza totale muro	$H_{tot} =$	5.90m





## 8\_ANALISI DEI CARICHI

### 8.1 Condizioni di carico

Nel seguente paragrafo si descrivono le condizioni di carico elementari assunte per l'analisi delle sollecitazioni e per le verifiche della struttura in esame. Tali condizioni di carico elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

calcestruzzo armato:  $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$

massicciata + armamento:  $\gamma_b = 18 \text{ kN/m}^3$

#### 8.1.1 Peso proprio strutturale (PP)

Il peso proprio del paramento e della suola risulta:

Peso paramento  $P_p = 25.00 \times 0.82 = 20.50 \text{ kN/m}^2$

Peso cordolo  $P_s = 25.00 \times 1.00 = 25.00 \text{ kN/m}^2$

#### 8.1.2 Carichi permanenti portati (PERM)

Il peso dei carichi permanenti su rilevato è stato considerato considerando uno spessore di ballast di 0,80m:

$P_{ps} = \gamma_b h_b = 14.40 \text{ kN/m}^2$

#### 8.1.3 Spinta del terreno (SPDX)

La struttura è stata analizzata nella condizione di spinta attiva. Si riporta di seguito il calcolo delle pressioni agenti sulla struttura, eseguito per la Combinazione unica dell'approccio 2 (A1+M1+R3) Il coefficiente di spinta risulta pari a:

Approccio 2 – Combinazione 1  $K_A = 0.238$

La pressione del terreno è stata calcolata come:

$P = (h * \gamma_{\text{terreno\_piedritto}}) * K_A$  al di sopra della falda

$P = [h * (\gamma_{\text{terreno\_piedritto}} - \gamma_w)] * K_A$  al di sotto della falda.

#### 8.1.4 Spinta da sovraccarico permanente (SP\_PERM)

$P = P_{ps} * K_A = 3.43 \text{ kN/m}^2$

### 8.1.5 Azioni della falda (SPTW)

Il pelo libero della falda è assunto alla quota di intradosso della fondazione. I valori delle spinte agenti sono stati calcolati come:

$$P = z \times \gamma_w$$

### 8.1.6 Azioni variabili da traffico

#### 8.1.6.1 Carichi verticali sul rilevato: Treno LM71 (ACCM\_L71)

Il treno LM71 viene schematizzato da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per una larghezza illimitata.

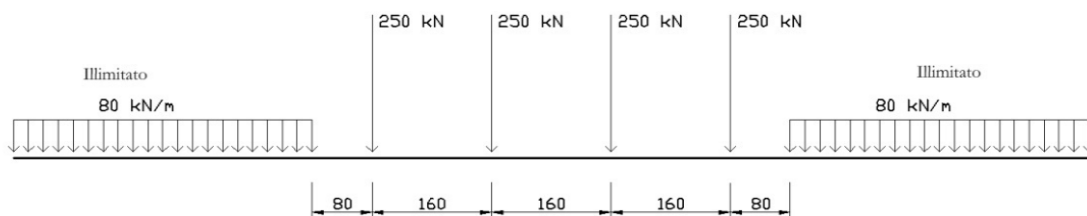


Figura 2- Treno LM71

Secondo il § 2.5.1.4.1.5 del RFI DTC SI PS MA IFS 001 C Manuale di progettazione RFI2018 (cfr, 5.2.2.2.1.5 NTC2018) il carico verticale su rilevato a tergo della spalla può essere ottenuto considerando una distribuzione trasversale dei carichi concentrati LM71 su una larghezza di 3m e una distribuzione longitudinale pari a quella di applicazione dei 4 carichi concentrati (schema LM71) = 6.40m.

Per questo tipo di carico non deve essere applicato l'incremento dinamico.

$$P_{V.LM71} = 52.08 \text{ kN/m}^2$$

#### 8.1.6.2 Spinta del sovraccarico sul rilevato (SPACCDX)

Si è considerata la sola spinta prodotta dal carico ripartito equivalente alle forze concentrate.

Approccio 2 – Combinazione unica

$$P_{H.LM71} = (P_{V.LM71}) K_A = 12.40 \text{ kN/m}$$

### 8.1.7 Azione dovuta all'urto sul muro (URTOX-URTOY)

La forza causata da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza rispetta quanto richiesto dal §3.6.3.4 delle NTC2018:

per  $d \leq 5 \text{ m}$ :

- 4000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- 1500 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b>					
	Relazione di calcolo muri di recinzione	COMMESSA <b>NM25</b>	LOTTO <b>03 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI 00 05 003</b>	REV. <b>B</b>

Queste forze dovranno essere applicate a 1,80 m dal piano del ferro e non dovranno essere considerate agenti simultaneamente.

Per la zona corrente, si considera che l'impatto avvenga a 1.80 m dal PF su una impronta di circa 2.0 m. ipotizzando una diffusione a 45° su ambo i lati; la larghezza di diffusione risulta pertanto:

$$l_{diff,max}=2 (H_m-0.2) +2$$

Altezza	$H_m$	490 [cm]
Spessore	$S_m$	82 [cm]
Ripartizione nel paramento	$l_{diff,par}$	940 [cm]
Lunghezza muro eff.collaborante	$l_{diff,max}$	1140 [cm]
<b>AZIONI D'URTO per 1metro di larghezza di muro</b>		
<i>Forza in testa al muro</i>	$F_k$	131.58 [KN/m]

Per la zona di bordo, si considera che l'impatto avvenga a 1.80 m dal PF su una impronta di circa 2.0 m. ipotizzando una diffusione a 45° su un solo lato; la larghezza di diffusione risulta pertanto:

$$l_{diff,max}=(H_m-0.2) +2$$

Altezza	$H_m$	490 [cm]
Spessore	$S_m$	82 [cm]
Ripartizione nel paramento	$l_{diff,par}$	470 [cm]
Lunghezza muro eff.collaborante	$l_{diff,max}$	670 [cm]
<b>AZIONI D'URTO per 1metro di larghezza di muro</b>		
<i>Forza in testa al muro</i>	$F_k$	223.88 [KN/m]

### 8.1.8 Azione dovuta al vento sulla barriera antirumore (VENTO)

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Si considera un caso limite, valutando la pressione esercitata dal vento su una barriera collocata su una linea caratterizzata da un rilevato alto.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni  $p$  (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- $q_b$  = pressione cinetica di riferimento;
- $c_e$  = coefficiente di esposizione;
- $c_p$  = coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico);
- $c_d$  = coefficiente dinamico.

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

Tabella 1: Definizione della categoria di esposizione

Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella 2: Schema per la definizione della categoria di esposizione – cfr. NTC18

La pressione del vento è stata calcolata ai sensi delle NTC 2018; la normativa suddivide il territorio italiano in zone per le quali sono assegnati i parametri di base  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$ . Con riferimento a tali parametri è possibile calcolare la velocità di riferimento  $v_b$ , vale a dire il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su dieci minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni  $v_b$ .

I dettagli del calcolo sono di seguito riportati:

Zona - Regione	Zona	[-]	1
Velocità di riferimento - Valore caratteristico	$v_{b,0}$	[m/s]	25
Parametro legato all'altitudine della zona	$a_0$	[m]	1000
Parametro funzione della zona	$k_s$	[1/s]	0.40
Altitudine	$a_s$	[m]	30
Velocità di riferimento per un periodo di ritorno di 50 anni	$v_b$	[m/s]	25
Tempo di ritorno	$T_R$	[anni]	50
Coefficiente correttivo per il tempo di ritorno	$c_R$	[-]	1.00
Velocità di riferimento per il periodo di ritorno definito	$v_r(T_R)$	[m/s]	25.02

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d' Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

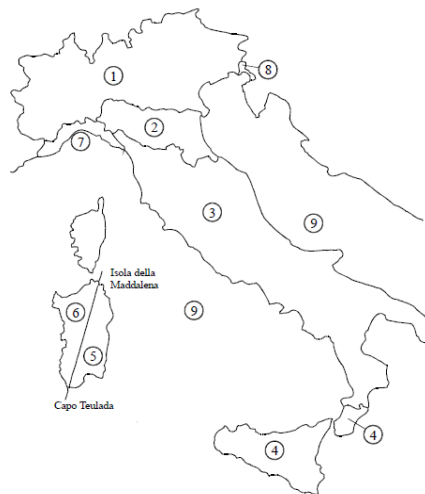


Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Figura 3 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano e valori dei parametri di riferimento (tab. 3.3.I NTC2018).

Densità dell'aria	$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	1.25
Pressione cinetica di riferimento	$q_b$	[N/m <sup>2</sup> ]	391.20

### 8.1.8.1 Categoria di esposizione

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza della costruzione  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla rugosità e dalla topografia del terreno, dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  varia lungo la quota fuori terra ( $z$ ) della costruzione ed è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[ 7 + c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] \quad \text{per } z > z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Dove:

$k_r, z_0, z_{\min}$  sono assegnati in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

$z$  è l'altezza della struttura (somma dell'altezza della barriera antirumore e del rilevato su cui è installata);

$c_t$  è il coefficiente di topografia.

In mancanza di analisi che tengano conto sia della direzione di provenienza del vento sia delle variazioni di rugosità del terreno, la categoria di esposizione è assegnata in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno.

Nelle fasce entro i 40 km dalla costa delle zone 1, 2, 3, 4, 5, e 6, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa		500m	750m		
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	III	III	**

\* Categoria II in zona 1,2,3,4  
Categoria III in zona 5

\*\* Categoria III in zona 2,3,4,5  
Categoria IV in zona 1

ZONA 6					
	costa		500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	mare		costa
	1,5 km	0,5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

\* Categoria II in zona 8  
Categoria III in zona 7

ZONA 9		
	costa	
	mare	
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

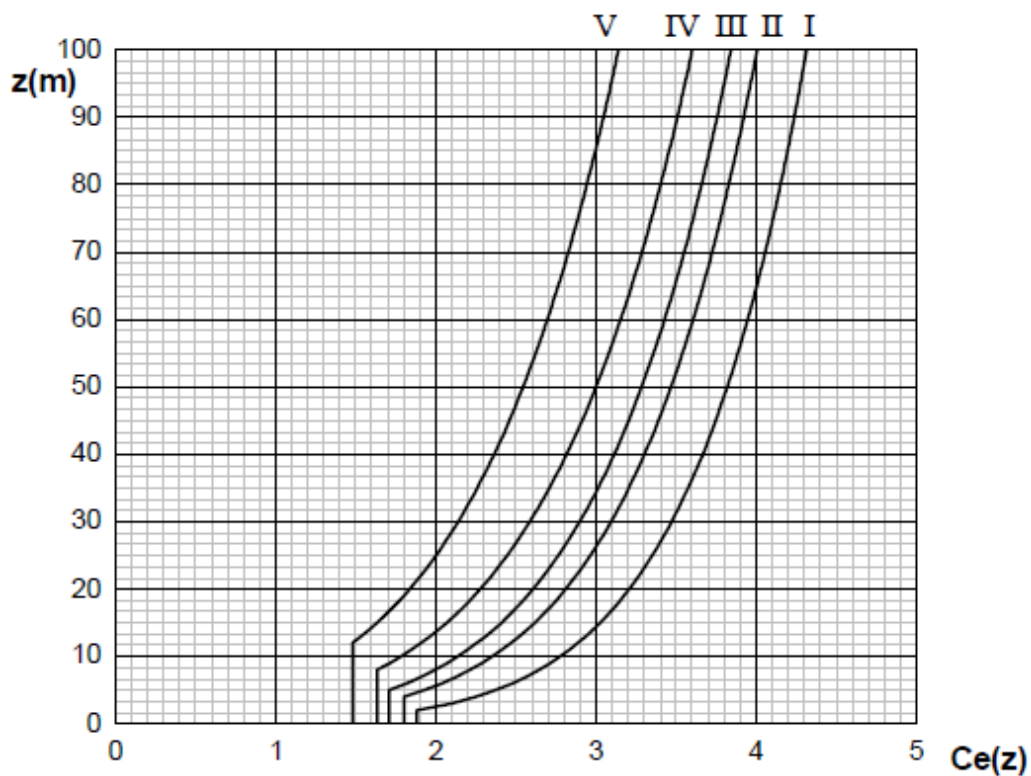


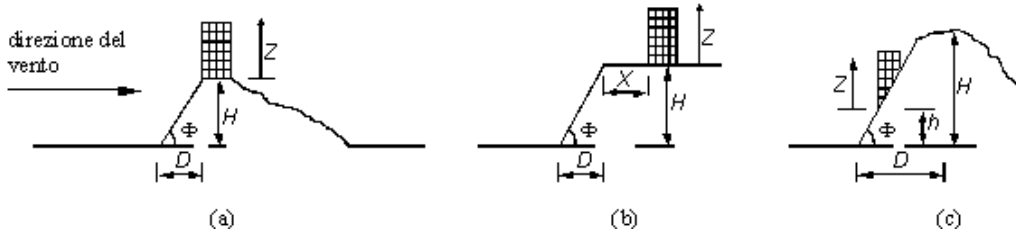
Figura 3.3.3 - Andamento del coefficiente di esposizione  $c_e$  con la quota (per  $c_t = 1$ )

Classe di rugosità del terreno	Classe <sub>rug</sub>	[-]	C
Categoria di esposizione del sito	Cat <sub>esp</sub>	[-]	III
Parametri per la definizione del coeff. di esposizione	$k_r$	[-]	0.20
	$z_0$	[m]	0.10
	$z_{min}$	[m]	5.00

Tabella 3 - Categoria di esposizione

#### 8.1.8.2 Coefficiente di topografia

Per il calcolo del coefficiente di topografica  $C_t$  si fa riferimento alla Circolare del D.M. 1996, paragrafo C.7.5.:



Con riferimento alla figura sopra detta H l'altezza della collina o del dislivello e  $H/D = \tan \Phi$  la sua pendenza media, si introducono preliminarmente:

Il coefficiente  $\beta$ , funzione dell'altezza  $z$  che vale:

- $\beta = 0,5$  per  $z/H \leq 0,75$
- $\beta = 0,8 - 0,4 \cdot z/H$  per  $0,75 < z/H \leq 2$
- $\beta = 0$  per  $z/H > 2$

Il coefficiente  $\gamma$  dipendente dalla pendenza  $H/D$  che vale:

- $\gamma = 0$  per  $H/D \leq 0,10$
- $\gamma = 5 \cdot [(H/D) - 0,10]$  per  $0,10 < H/D \leq 0,30$
- $\gamma = 1$  per  $H/D > 0,30$

In tal modo il coefficiente di topografia  $C_t$  si può esprimere nei seguenti casi:

- Costruzioni ubicate sulla cresta di una collina  $C_t = 1 + \beta\gamma$
- Costruzioni sul livello superiore di un dislivello  $C_t = 1 + \beta\gamma \cdot [1 - 0,1 \cdot (x/H)] \geq 1$
- Costruzioni su di un pendio  $C_t = C_t = 1 + \beta\gamma \cdot (h/H)$

I parametri utilizzati per il calcolo del coefficiente di topografia  $C_t$  sono i seguenti:

$H=4.90$ metri

$z= 5.50$ metri (altezza massima della barriera antirumore)

$D= 0.00$ metri

$z/H= 1.12$

$b = 0.351$



Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	25 di 249

H/D = inf

$\gamma = 1$

ct = 1.35

### 8.1.8.3 Coefficienti dinamico

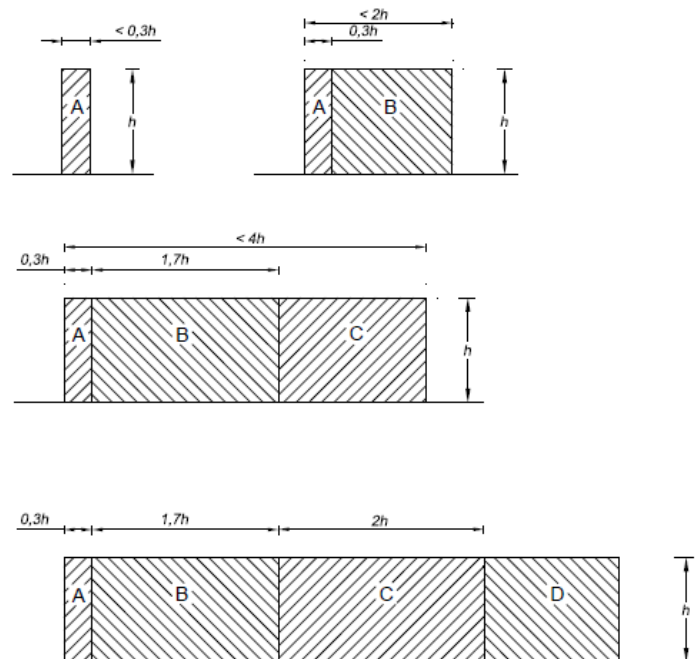
Il coefficiente dinamico  $c_d$  permette di tenere in conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Nelle strutture analizzate viene considerato cautelativamente un coefficiente dinamico pari a  $c_d = 1.0$ .

### 8.1.8.4 Coefficienti di forma

I coefficienti di forma  $c_p$ , in accordo a quanto riportato nei riferimenti tecnici delle NTC, vengono determinati in base alle indicazioni riportate nel capitolo G.5 (dal titolo “Coefficienti aerodinamici globali”) delle CNR-DT 207/2008 (“Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti per del vento sulle costruzioni”) e nell’Eurocodice EN 1991-1-4.

Le due norme, per muri e parapetti piani indicano coefficienti di forma  $c_p$  differenti in base alla zona considerata in funzione della distanza dal bordo libero della barriera.

La figura che segue, tratta dalle CNR, riporta la suddivisione delle zone con coefficienti di pressione totali differenti.



La Tabella che segue indica i valori dei coefficienti di forma per ciascuna fascia, sia in assenza che in presenza di chiusure laterali e per due valori  $\phi$  di densità dell’elemento. Nella tabella il simbolo “ $l$ ” indica la lunghezza della barriera mentre “ $h$ ” rappresenta l’altezza.

$\varphi$	Chiusura laterale	l/h	A	B	C	D
1,0	no	<3	2,3	1,4	1,2	1,2
		5	2,9	1,8	1,4	
		>10	3,4	2,1	1,7	
	si	tutti	2,1	1,8	1,4	
0,8	si/no	tutti	1,2			

Si è scelto di applicare il coefficiente di pressione pari a  $c_{p\text{ corrente}} = 1.2$  e  $c_{p\text{ bordo}}=2$ .

#### 8.1.8.5 Pressione del vento

h <sub>FOA</sub>	h muro ba	Montante	Posizione	c <sub>t</sub>	C <sub>e</sub> montante	C <sub>p</sub> montante	C <sub>dinamico</sub>	P <sub>montante</sub>
[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]
5.55	4.90	H10	Corrente	1.35	2.688	1.20	1.00	1.26
5.55	4.90	H10	Corrente	1.35	2.688	2.00	1.00	2.10

#### 8.1.9 Pressione aerodinamica dei convogli (P<sub>DIN</sub>)

Il passaggio dei convogli induce sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria onde di pressione e depressione. L'ampiezza di tali azioni dipende principalmente dai fattori di seguito elencati:

- dal quadrato della velocità del treno (v);
- dalla forma aerodinamica del convoglio (K<sub>1</sub>);
- dalla forma della struttura (K<sub>2</sub>);
- dalla posizione della struttura e dalla distanza stessa dal binario (a<sub>g</sub>).

Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa e alla coda del treno.

I carichi equivalenti sono considerati valori caratteristici delle azioni ( $\pm q_{1k}$ ).

Si ha pertanto:

$$q_{1k} = f(v; a_g) \times K_1 \times K_2$$

dove:

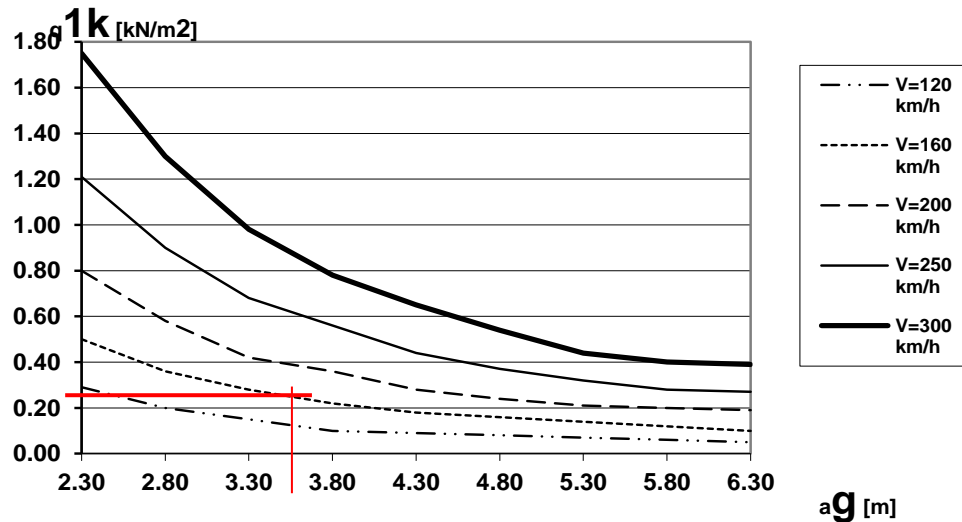
K<sub>1</sub> = 1.00 per treni con forme aerodinamiche sfavorevoli

= 0.85 per treni con carrozze a sagoma arrotondata

= 0.60 per treni aerodinamici (ETR)

K<sub>2</sub> = 1.30 se l'altezza dell'elemento è ≤ 1.00 o se la larghezza è ≤ 2.50; altrimenti K<sub>2</sub> = 1.00;

a<sub>g</sub> = distanza dalla mezzera del binario più vicino (nel caso in esame pari a 3.55m);



Nel caso specifico considerando una velocità massima di percorrenza di un convoglio con forme aerodinamiche sfavorevoli ( $K_1=1$ ), pari a  $V_{max} = 160$  km/h, e considerando  $K_2=1$ , dall'abaco precedentemente riportato si evince che poiché per:

$a_g = 3.55$  m, si ha circa:

$$q_{1k} = 0,25 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

### 8.1.10 Azioni sismiche

#### 8.1.10.1 Forze di inerzia

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudo-statica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ .

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

$$\begin{aligned} \text{Forza sismica orizzontale} & \quad F_h = k_h \times W \\ \text{Forza sismica verticale} & \quad F_v = k_v \times W \end{aligned}$$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

Gli effetti dell'azione sismica sono stati valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \psi_{2j} Q_{kj}$$

Dove nel caso specifico si assumerà, per i carichi dovuti al transito dei convogli ferroviari,  $\psi_{2j} = 0.2$ . Come massa del treno è stato considerato il carico uniformemente distribuito sulla copertura di intensità LM71.

Pertanto avremo che:

Massa associata al Peso del paramento  $P_p = 25.00 \times 0.82 = 20.50 \text{ kN/m}$

Massa associata al Peso del cordolo  $P_C = 25.00 \times 1.00 = 25.00 \text{ kN/m}$

Massa associata al Peso della BA (montante+pannello)  $P_{barr} = 7.7 \text{ kN/m}$

Massa associata al carico permanente  $G_2 = 14.40 \text{ kN/m}$

Massa treno  $Q_k = 52.08 \times 0.2 \text{ kN/m}$

#### 8.1.10.2 Spinta delle terre in fase sismica (SPSDX)

Le spinte delle terre sono state determinate con la teoria di Mononobe Okabe, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinata con la seguente espressione:

$$S_{a,E} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) H^2 K_{A,E}$$

con risultante applicata ad un'altezza pari ad H/2.

## 8.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili; utilizzata nella verifica a Fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

avendo indicato con  $E_Y$  e  $E_Z$  rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

I coefficienti di amplificazione dei carichi  $\gamma$  e i coefficienti di combinazione  $\psi$  sono riportati nelle tabelle seguenti.

In particolare nel calcolo della struttura si è fatto riferimento alla combinazione A1 STR.

Si riporta la Tabella 5.2.V delle NTC18 dei coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico SLU:

*Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica (da DM 17/01/2018)*

**Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU**

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

(1) Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

(2) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

(3) Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

(4) Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

(5) Aliquota di carico da traffico da considerare.

(6) 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

(7) 1,20 per effetti locali

Si riporta la Tabella 5.2.VI delle NTC18 in cui sono espressi i coefficienti di combinazione delle azioni:

*Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni (da DM 17/01/2018)*

**Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni**

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di carico	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Nella combinazione sismica le azioni indotte dal traffico ferroviario sono combinate con un coefficiente  $\psi_2 = 0.2$  (paragrafo 5.1.3.12 del DM 17/01/2018) coerentemente con l'aliquota di massa afferente ai carichi da traffico.

L'azione del vento e l'azione aerodinamica sono prese in considerazione contemporaneamente come prevalenti.; la somma delle loro pressioni, per velocità di progetto  $v_{\max} \leq 200$  km/h, deve sempre risultare  $\geq 1,5$  kN/m<sup>2</sup>.

Si rimanda ai tabulati di calcolo per l'approfondimento sulle condizioni analizzate.



## 9\_ CRITERI DI CALCOLO

### 9.1 Verifiche geotecniche

Secondo le “Nuove Norme Tecniche Sulle Costruzioni – DM 17 Gennaio 2018”, le verifiche di capacità portante dei pali, per quanto riguarda la combinazione sismica e statica, vengono svolte con il metodo dei coefficienti parziali di sicurezza.

Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_R$  della Tab. 6.4.II. della NTC-2018, di seguito riportata:

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	$\gamma_R$	(R3)	(R3)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

\* da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Pertanto si ha:

$$A_{cd} \leq R_{cd}$$

dove:

$A_{cd}$  carico assiale di compressione di progetto allo stato limite ultimo statico

$R_{cd}$  capacità portante di progetto allo stato limite ultimo definita riducendo il valore caratteristico  $R_{c,k}$  con coefficienti che valgono 1.35 per la resistenza alla punta e 1.15 e per quella laterale.

$R_{c,k}$  valore caratteristico della capacità portante.

La resistenza caratteristica  $R_k$  del palo singolo è stata dedotta da metodi di calcolo analitici, dove  $R_k$  è calcolata a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Con riferimento alle procedure analitiche che prevedano l'utilizzo dei parametri geotecnici o dei risultati di prove in sito, il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  (o  $R_{t,k}$ ) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate  $R_{c,cal}$  ( $R_{t,cal}$ ) i fattori di correlazione  $\xi$  riportati nella Tab. 6.4.IV della NTC-2018, in funzione del numero  $n$  di verticali di indagine:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad [6.4.3]$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad [6.4.4]$$

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Nell'ambito del sistema di fondazione scelto, a favore di sicurezza, si considerano significative n°1 verticale di indagine. Nel seguito vengono esplicitati i calcoli di portanza in dettaglio.

### 9.1.1 Capacità portante per carichi trasversali

Le analisi svolte per valutare le interazioni fra il palo sollecitato da azioni laterali ed il terreno è stata utilizzata la teoria sviluppata da Broms (1964), che si basa sulle seguenti ipotesi:

- palo immerso in un terreno omogeneo
- comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido perfettamente plastico;
- forma della sezione trasversale del palo ininfluenza, è importante solo da dimensione  $d$  della sezione del palo.

comportamento flessione del palo di tipo rigido-perfettamente plastico e cioè assume che le rotazioni elastiche del palo siano trascurabili finché il momento flettente non attinga il valore  $M_y$  di plasticizzazione. A questo punto si forma nella sezione una "cerniera plastica", perciò la rotazione continua indefinitamente sotto momento costante.

Si è considerata la testa del palo impedita di ruotare.

Nel caso di rottura non drenata, la resistenza viene espressa in termini di tensioni totali.

Il diagramma di distribuzione della resistenza lungo il fusto del palo è illustrato in figura ("terreni coesivi").

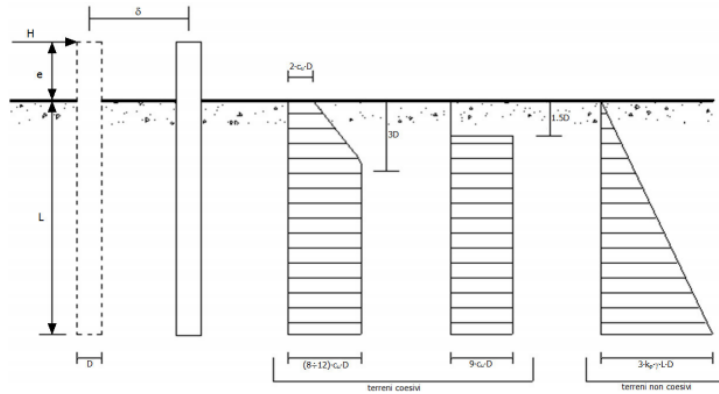


Figura 4- Diagramma di distribuzione della resistenza trasversale  $p$ .

I possibili meccanismi di rottura sono presentati in figura e possono essere indicati come rottura a palo “corto” (non si raggiunge il momento di plasticizzazione  $M_y$  in nessuna sezione del palo), “intermedio” (si raggiunge  $M_y$  all’attacco palo-fondazione) e “lungo” ( $M_y$  raggiunto anche in una sezione lungo il fusto).

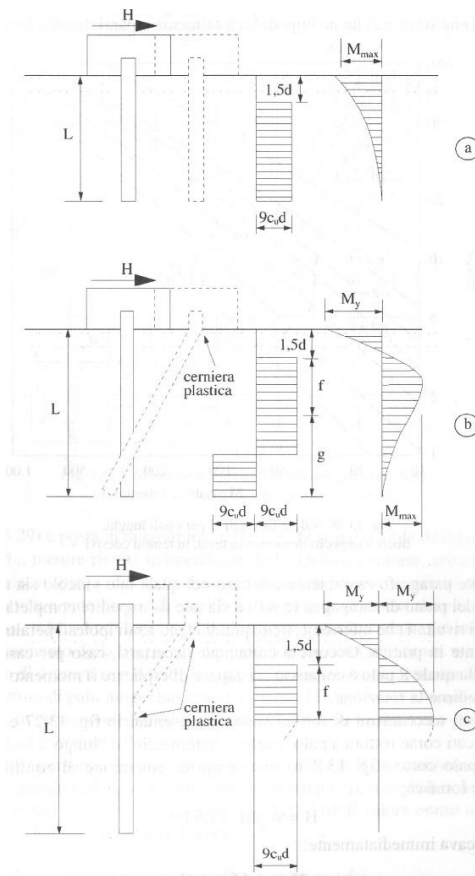


Figura 5- Rottura non drenata: possibili meccanismi di rottura.

Le equazioni risolventi per il carico limite nei tre casi vengono di seguito riportate.

palo “corto” 
$$\frac{H}{c_u d^2} = 9\left(\frac{L}{d} - 1.5\right) ;$$

palo “intermedio” 
$$\frac{H}{c_u d^2} = -9\left(\frac{L}{d} + 1.5\right) + 9\sqrt{2\left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5} ;$$

palo “lungo” 
$$\frac{H}{c_u d^2} = -13.5 + \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}} .$$

Nel caso di rottura drenata, la resistenza viene espressa in termini di tensioni efficaci.

Il diagramma di distribuzione della resistenza lungo il fusto del palo è illustrato ancora in Figura V (“terreni incoerenti”).

I possibili meccanismi di rottura sono presentati nella figura seguente palo “corto”, “intermedio” e “lungo”).

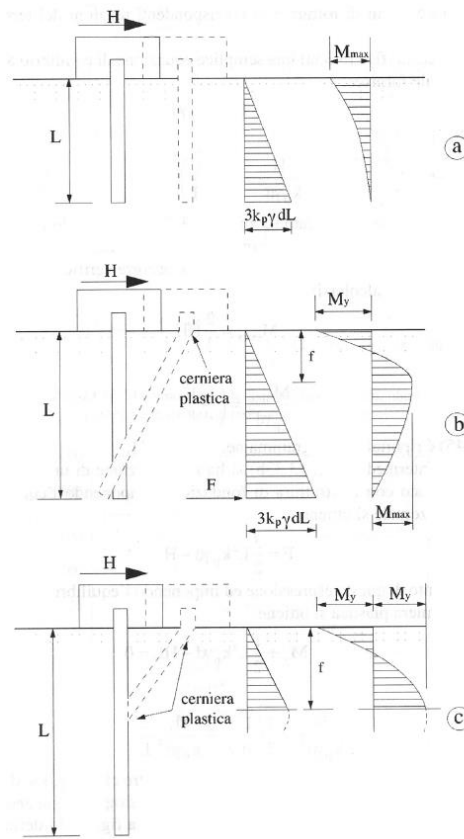


Figura 6 – Rottura drenata: possibili meccanismi di rottura.

Le equazioni risolventi per il carico limite drenato nei tre casi vengono di seguito riportate.

palo “corto” 
$$\frac{H}{k_p \gamma d^3} = 1.5 \left(\frac{L}{d}\right)^2 ;$$

palo “intermedio” 
$$\frac{H}{k_p \gamma d^3} = \frac{1}{2} \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \frac{d}{L} ;$$

palo “lungo” 
$$\frac{H}{k_p \gamma d^3} = \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2} .$$

La resistenza caratteristica  $R_k$  del palo singolo è stata dedotta da metodi di calcolo analitici, dove  $R_k$  è calcolata a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Con riferimento alle procedure analitiche che prevedano l'utilizzo dei parametri geotecnici o dei risultati di prove in sito, il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  (o  $R_{t,k}$ ) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate  $R_{c,cal}$  ( $R_{t,cal}$ ) i fattori di correlazione  $\xi$  riportati nella Tab. 6.4.IV della NTC-2018, in funzione del numero  $n$  di verticali di indagine come nel caso del calcolo delle resistenze per micropali soggetti a carichi assiali. Per la determinazione del valore di progetto  $R_{tr,d}$  della resistenza di pali a carichi trasversali si applicano i coefficienti parziali  $\gamma_T$  riportati nella Tab. 6.4. VI della NTC-2018.

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

## 9.2 Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali condotte sono le seguenti:

- Verifiche di stato limite di esercizio
- Verifiche a fessurazione
- Verifica delle tensioni
- Verifiche di stato limite di ultimo
- Verifica a flessione
- Verifica a taglio

### 9.2.1 Verifiche allo stato limite ultimo

#### 9.2.1.1 Sollecitazioni flettenti

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA COLOGNO – CREMONA – MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b>					
	Relazione di calcolo muri di recinzione	COMMESSA <b>NM25</b>	LOTTO <b>03 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI 00 05 003</b>	REV. <b>B</b>

La verifica agli SLU è stata realizzata attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabola-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ( $\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$ );
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ( $\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$ )

#### 9.2.1.2 Sollecitazioni taglianti

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con la seguente espressione:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

dove:

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \times d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq ctg \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se è verificata la seguente relazione:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b>					
	Relazione di calcolo muri di recinzione	COMMESSA <b>NM25</b>	LOTTO <b>03 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI 00 05 003</b>	REV. <b>B</b>

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

La resistenza di calcolo a “taglio trazione” dell’armatura trasversale è stata calcolata con la seguente relazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

La resistenza di calcolo a “taglio compressione” del calcestruzzo d’anima è stata calcolata con la seguente relazione:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due relazioni sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

$d$  è l’altezza utile della sezione;

$b_w$  è la larghezza minima della sezione;

$\sigma_{cp}$  è la tensione media di compressione della sezione;

$A_{sw}$  è l’area dell’armatura trasversale;

$S$  è interasse tra due armature trasversali consecutive;

$\alpha$  è l’angolo di inclinazione dell’armatura trasversale rispetto all’asse della trave;

$f'_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d’anima ( $f'_{cd}=0.5f_{cd}$ );

$\alpha_c$  è un coefficiente maggiorativo par ad 1 per membrature non compresse.

### 9.2.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:

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 4 Descrizione delle condizioni ambientali (Tab. 4.1.III delle NTC18)

Nel caso in esame, le condizioni ambientali sono “ordinarie” per le fondazioni e “aggressive” per il paramento in elevazione.

### 9.2.2.1 Verifica a fessurazione

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è pari a 0.2mm per la combinazione rara.

### 9.2.2.2 Verifica delle tensioni

I limiti tensionali considerati per i materiali sono relativi alla combinazione di carico quasi permanente e caratteristica.

Calcestruzzo:

Combinazione di azioni	Limite tensionale
Caratteristica (rara)	$\sigma_c \leq 0.55 f_{ck}$
Quasi permanente	$\sigma_c \leq 0.40 f_{ck}$

Acciaio:

Combinazione di azioni	Limite tensionale
Caratteristica (rara)	$\sigma_a \leq 0.75 f_{yk}$



	<b>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b>					
	Relazione di calcolo muri di recinzione	COMMESSA <b>NM25</b>	LOTTO <b>03 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI 00 05 003</b>	REV. <b>B</b>

## **10 MODELLAZIONE NUMERICA**

### **10.1 Programmi per l'analisi automatica**

Lo stato tenso-deformativo della paratia è stato investigato mediante il software di calcolo *PARATIEPLUS*, le verifiche strutturali sono state svolte con il codice di calcolo RC-SEC.

### **10.2 Modelli di calcolo**

Lo stato tenso-deformativo dei pali è stato investigato mediante il software di calcolo *PARATIE PLUS*, programma non lineare agli elementi finiti per l'analisi di strutture di sostegno flessibili.

Si è considerato un comportamento piano nelle deformazioni, analizzando una striscia di parete di larghezza unitaria. La realizzazione dello scavo sostenuto da paratie è seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una quota di scavo e da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

Nella modellazione è implementata la seguente successione di step:

Step 1: Condizione Geostatica: realizzazione dei pali e del muro.

Step 2: Realizzazione del rilevato ferroviario a monte, per un'altezza massima di 2,00m, e scavo per il raggiungimento del fondo, lato valle.

Step 3: Applicazione dei carichi d'esercizio.

Step 4: Applicazione del carico sismico.

Nella definizione della quota di fondo scavo si è tenuto conto di quanto prescritto dalla normativa NTC 2018 § 6.5.2.2, approfondendo lo scavo definitivo di 0.50m.

Un secondo modello di calcolo è stato realizzato per valutare gli effetti dei soli carichi eccezionali, dovuti all'urto dei veicoli ferroviari in svio.

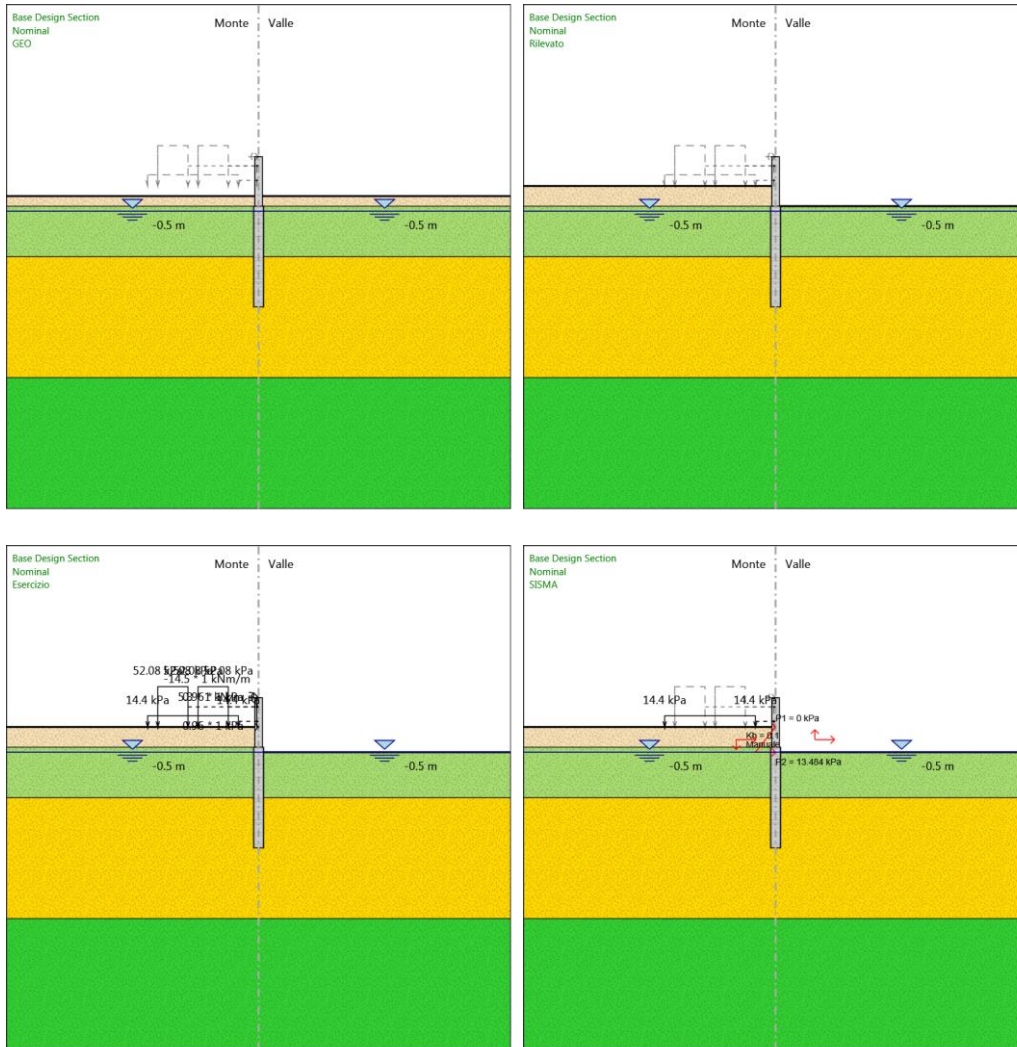
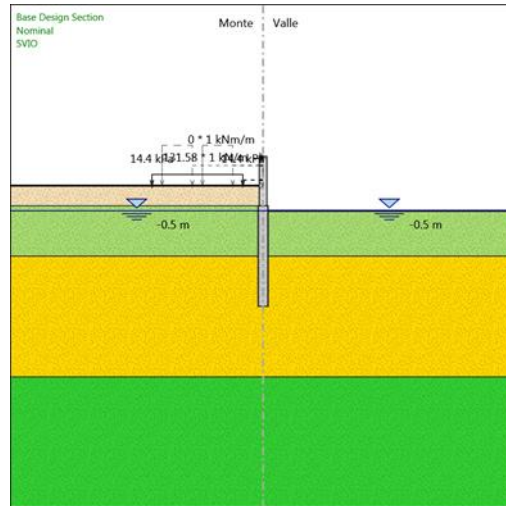


Tabella 5: stage di analisi



*Figura 7 Condizione eccezionale*

Per maggiori dettagli si rimanda agli allegati di calcolo.

## 11 ANALISI DEI RISULTATI -ZONA CORRENTE

### 11.1 Analisi delle sollecitazioni

Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati delle analisi condotte per i diversi modelli implementati, con le indicazioni dei valori massimi delle sollecitazioni flettenti e taglianti e delle rispettive profondità. I valori riportati sono relativi all'analisi al metro lineare.

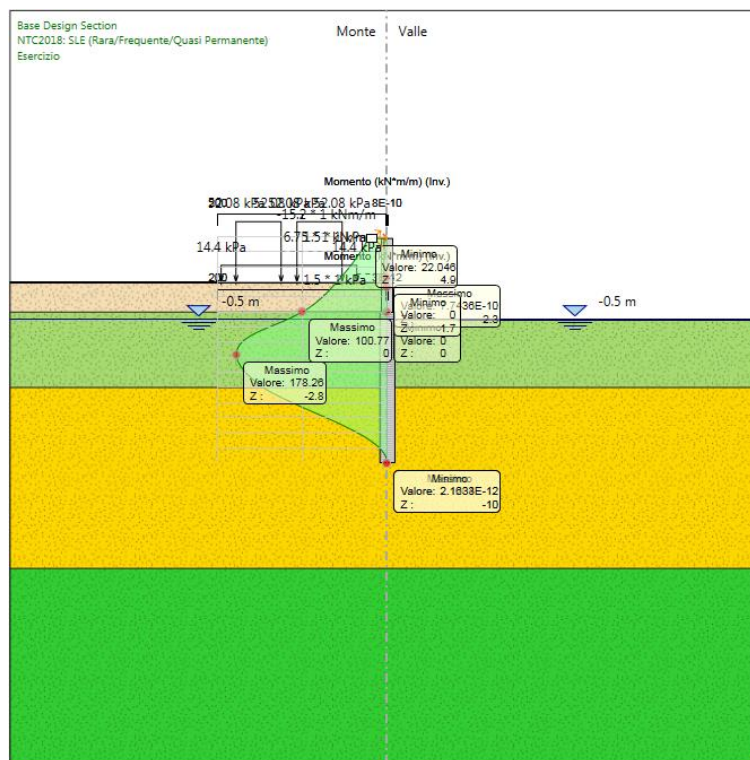


Figura 8: Modello SLE: Inviluppo Diagramma del Momento

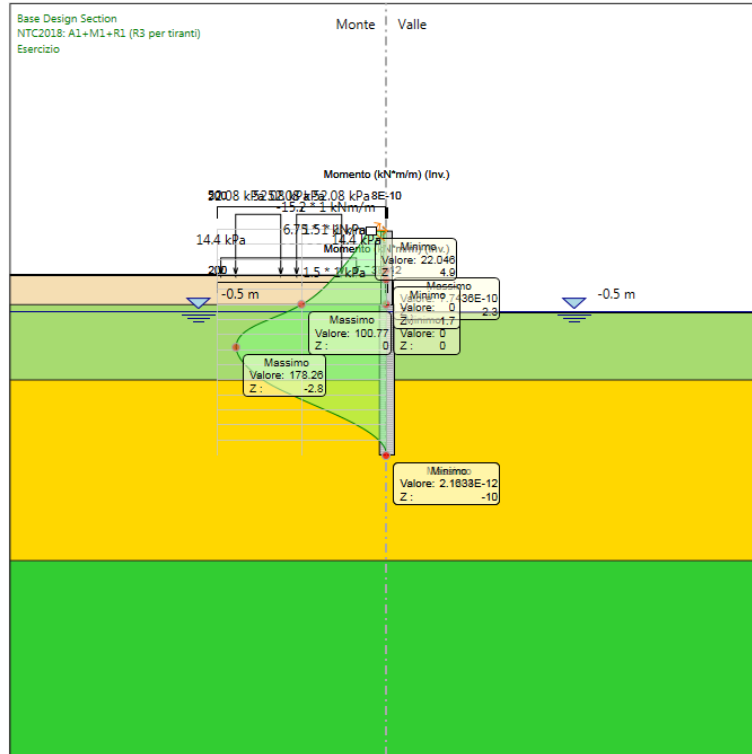


Figura 9: Modello SLU: Involuppo Diagramma del Momento

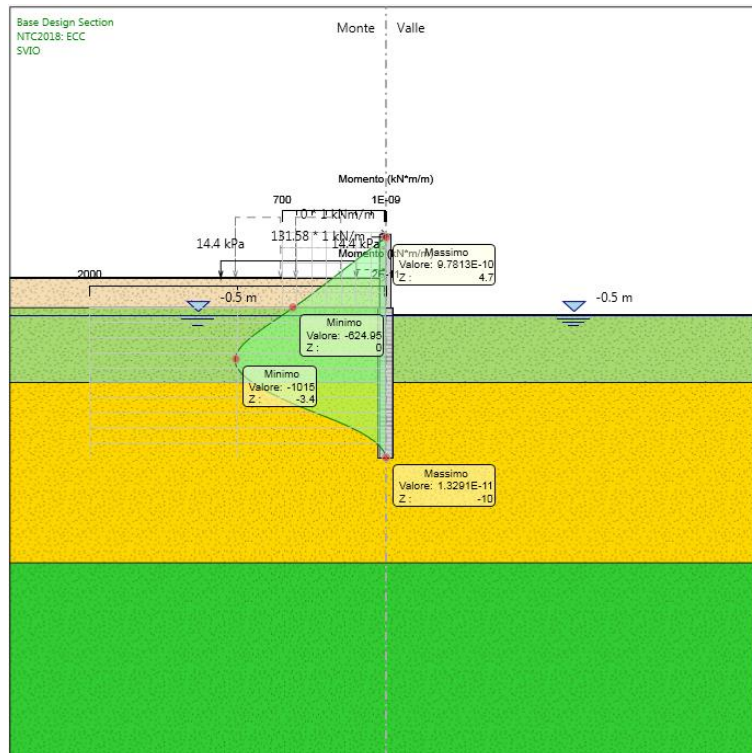
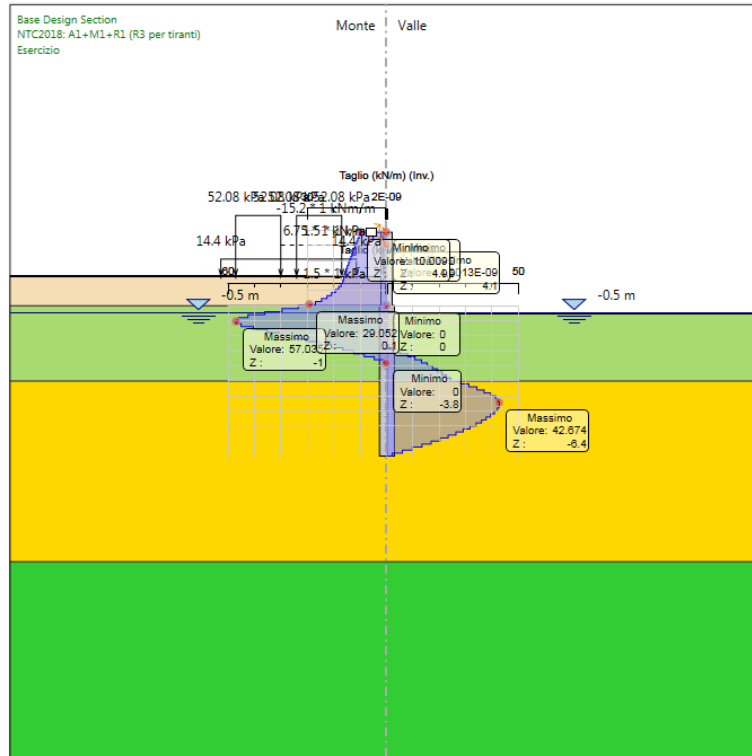
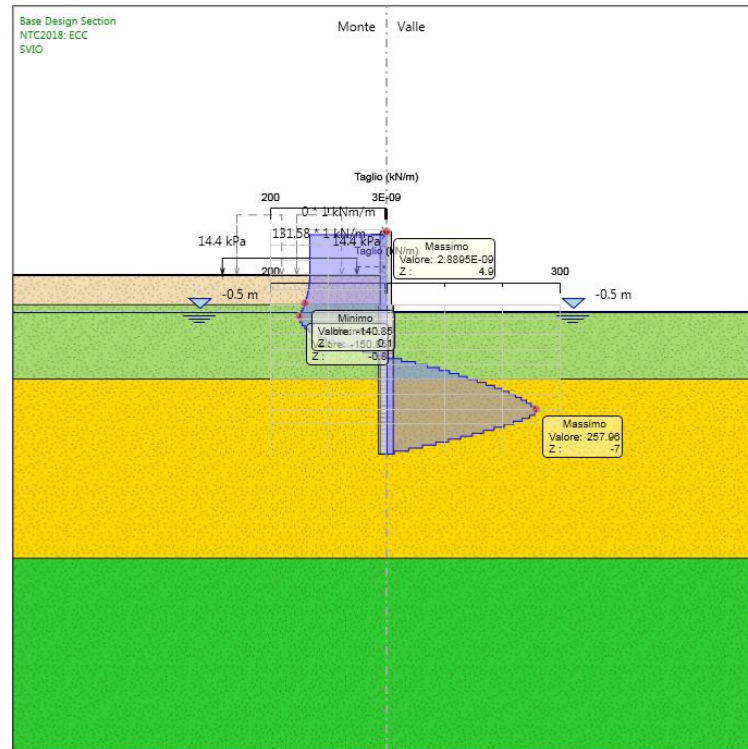


Figura 10: Modello SLU-ECC: Diagramma del Momento



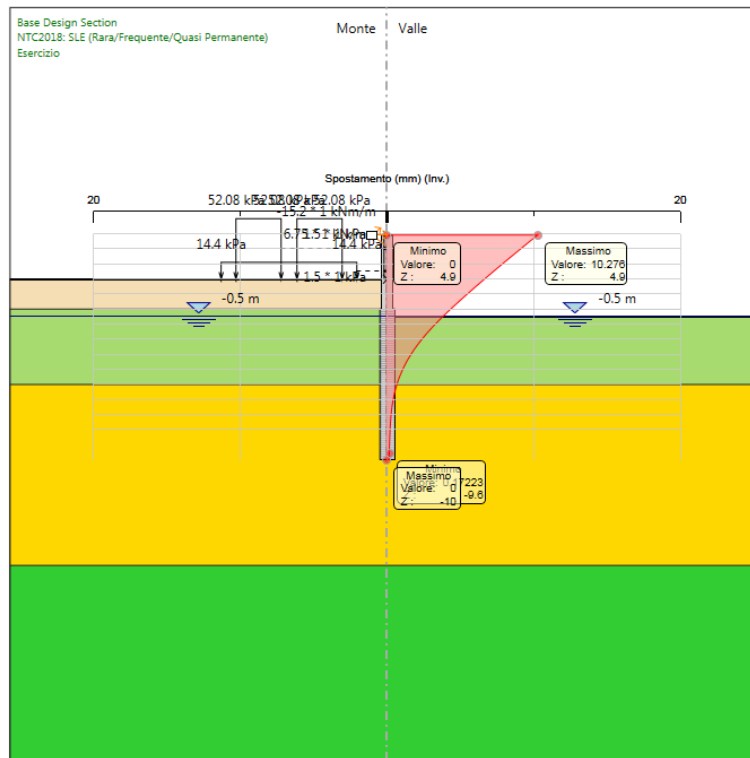
*Figura 11: Modello SLU: Involuppo Diagramma del Taglio*



*Figura 12: Modello SLU-ECC: Diagramma del Taglio*

## 11.2 Analisi degli spostamenti

Di seguito si forniscono le indicazioni dei valori massimi degli spostamenti.



*Figura 13: Modello SLE: Inviluppo degli spostamenti*

Lo spostamento massimo in esercizio risulta pari a 10,3 mm.

## 12 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 12.1 Verifiche di stabilità globale

In accordo alle NTC 2018, le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera in condizioni statiche sono state condotte secondo l'Approccio 1 – combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati alle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.1 delle suddette NTC. Le verifiche in presenza di azioni sismiche sono state eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e considerando la variazione della spinta delle terre per effetto dell'accelerazione sismica (§ 7.11.1 NTC 2018).

Le analisi sono state condotte mediante il programma Paratie Plus, applicando il metodo di Bishop. I risultati ottenuti presentano, lungo tutte le superfici di scivolamento analizzate, dei coefficienti di sicurezza conformi a quanto richiesto dalle NTC, con valore minimo pari a 1.66, come illustrato nella figura seguente con riferimento alla configurazione più gravosa, che si manifesta in fase sismica.

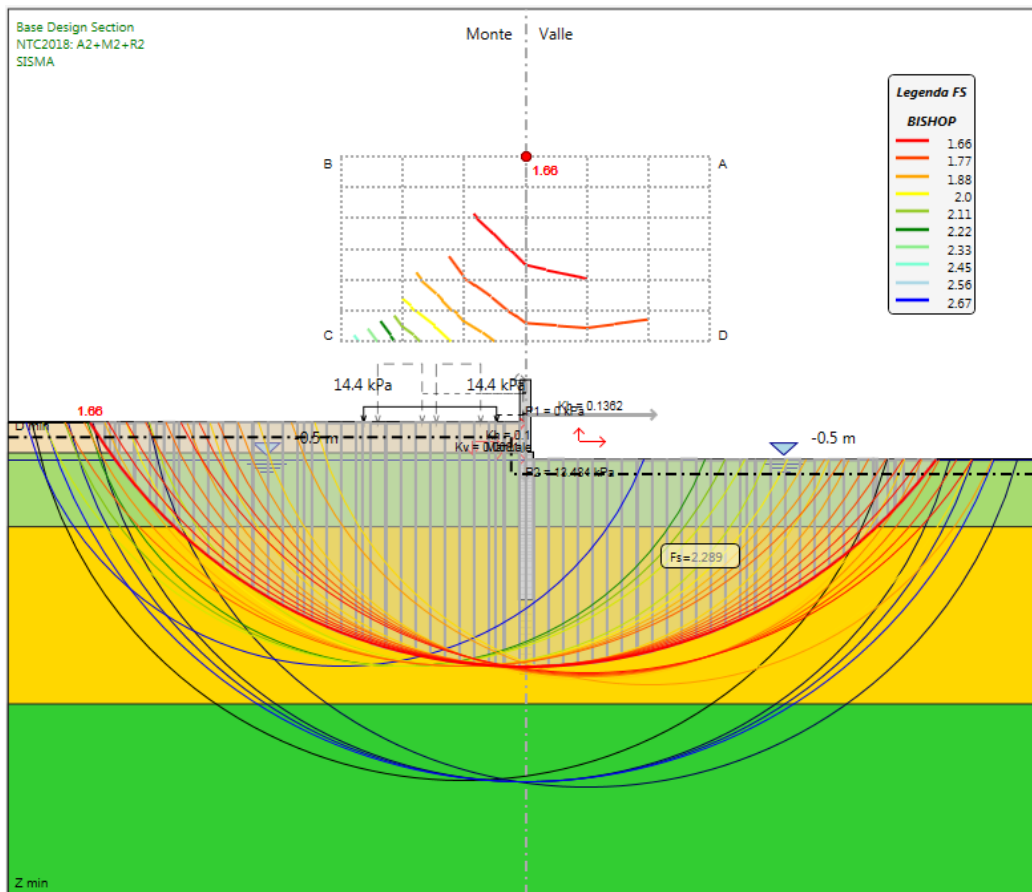


Figura 14: Risultati dell'analisi di stabilità globale



## 12.2 Verifiche geotecniche del sistema struttura-terreno

Le verifiche geotecniche sono svolte valutando il coefficiente di sicurezza in termini di rapporto di mobilitazione della spinta passiva, cioè come rapporto tra spinta passiva mobilitata al piede della paratia e la spinta passiva mobilitabile. La verifica è soddisfatta se tale rapporto è inferiore all'unità.

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva): 0.41

Combinazione SISMICA

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva): 0.47

Combinazione ECC

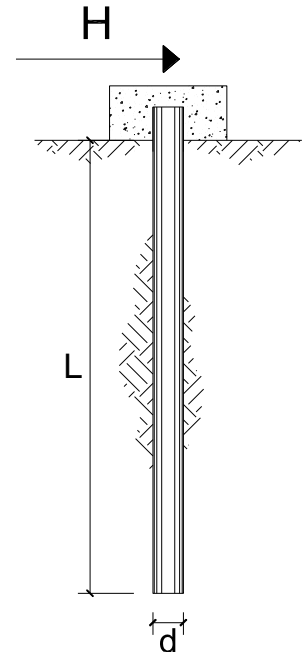
### 12.3 Verifiche al carico limite orizzontale

I valori caratteristici delle azioni orizzontali per la combinazione A1+M1+R3 trasmesse al singolo palo di fondazione per il taglio massimo ottenuto, risulta:

$$V_{sd,max} = 331,87 \text{ kN}$$

#### 12.3.1 Capacità portante orizzontale – condizioni non drenate

#### CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA



**OPERA:**

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		●	1.00	1.00	1.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto: 
$$H = 9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio: 
$$H = -9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo: 
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

**Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare**

Diametro = 1000 (mm)

Raggio = 500 (mm)

Sforzo Normale = 0 (kN)

**Caratteristiche dei Materiali**

calcestruzzo

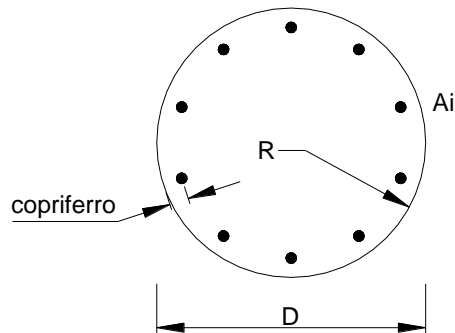
Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

$\gamma_c$  = 1.5

$\alpha_{cc}$  = 0.85

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17$  (Mpa)



**Acciaio**

tipo di acciaio

$f_{yk}$  = 450 (Mpa)

$\gamma_s$  = 1.15

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3$  (Mpa)

$E_s$  = 206000 (Mpa)

$\epsilon_{ys}$  = 0.190%

$\epsilon_{uk}$  = 10.000%

**Armature**

numero	diametro (mm)	area (mm <sup>2</sup> )	copriferro (mm)
24	$\phi$ 32	19302	88
	$\phi$ 0	0	80
0	$\phi$ 0	0	30

Calcolo

**Momento di Plasticizzazione**

$M_y = 2470.2$  (kN m)

Inserisci

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	10.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.00	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	2470.24	(kN m)		
Coesione non drenata	$c_{u \text{ med}} =$	50.00	(kPa)	$c_{u \text{ min}} =$	50.00 (kPa)
Coesione non drenata di progetto	$c_{u \text{ med,d}} =$	50.00	(kPa)	$c_{u \text{ min,d}} =$	50.00 (kPa)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	331.87	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)		

Palo corto:

$$H1_{\text{med}} = 3825.00 \text{ (kN)} \qquad H1_{\text{min}} = 3825.00 \text{ (kN)}$$

Palo intermedio:

$$H2_{\text{med}} = 1596.83 \text{ (kN)} \qquad H2_{\text{min}} = 1596.83 \text{ (kN)}$$

Palo lungo:

$$H3_{\text{med}} = 1539.06 \text{ (kN)} \qquad H3_{\text{min}} = 1539.06 \text{ (kN)}$$

$$H_{\text{med}} = 1539.06 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \qquad H_{\text{min}} = 1539.06 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{\text{med}}/\xi_3 ; R_{\text{min}}/\xi_4) = 905.33 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 696.41 \text{ (kN)}$$

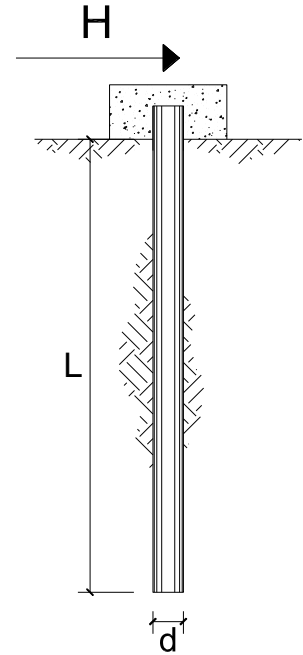
$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 331.87 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 2.10$$

La verifica è soddisfatta.

### 12.3.2 Capacità portante orizzontale – condizioni drenate

#### CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA



**OPERA:**

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_{\phi'}$	$\gamma_T$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.30

n	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.40	1.00	1.40
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.21	1.00	1.40

Palo corto: 
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2$$

Palo intermedio: 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo: 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2}$$

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	10.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.00	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	2470.24	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med} =$	25.00	(°)	$\varphi'_{min} =$	25.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d} =$	25.00	(°)	$\varphi'_{min,d} =$	25.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1+\sin\varphi)/(1-\sin\varphi)$ )	$k_{p_{med}} =$	2.46	(-)	$k_{p_{min}} =$	2.46 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma =$	9.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
Carico Assiale Permanente (G):	G =	331.87	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)		

Palo corto:

$$H1_{med} = 3326.28 \quad (kN) \qquad H1_{min} = 3326.28 \quad (kN)$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 1355.79 \quad (kN) \qquad H2_{min} = 1355.79 \quad (kN)$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 1222.83 \quad (kN) \qquad H3_{min} = 1222.83 \quad (kN)$$

$$H_{med} = 1222.83 \quad (kN) \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 1222.83 \quad (kN) \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 719.31 \quad (kN)$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 553.32 \quad (kN)$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 331.87 \quad (kN)$$

$$FS = H_d / F_d = 1.67$$

La verifica è soddisfatta.



RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA

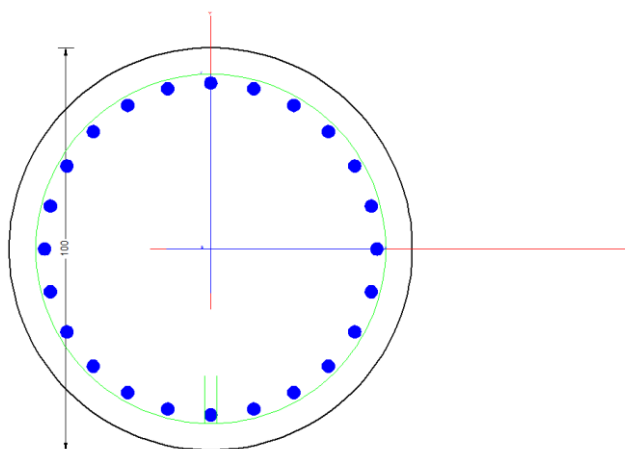
Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	55 di 249

## 13 VERIFICHE STRUTTURALI

### 13.1 Palo di fondazione

I pali saranno armati con una gabbia costituita da uno strato di 24 Ø32 e una spirale Ø12/15, superiore al limite normativo del 1% dell'area di calcestruzzo per uno sviluppo di almeno 10 diametri.



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	10.000 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	100.0	cm
Barre circonferenza:	24Ø32	(193.0 cm <sup>2</sup> )
Coprif.(dal baric. barre):	8.8	cm

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA



Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	57 di 249

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione  
VY Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale  
MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	2233.00	567.60	0.00

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	234.74 (377.14)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm  
Interfero netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm  
Interfero massimo barre longitudinali: 0.0 cm [deve essere < 0.0]  
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.  
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm<sup>2</sup>]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	2233.00	-0.04	2478.58	1.110	18.0	---	---	193.0 (23.6)

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	50.0	0.00254	41.2	-0.00648	-41.2

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	58 di 249

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]  
 N.Bracci staffe: 2  
 Area staffe/m : 15.1 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm<sup>2</sup>/m]

#### VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors. / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
 Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]  
 bw|z Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Braccio coppia interna  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	AST
1	S	567.60	1470.61	991.72	89.6 67.2	2.500	1.000	8.6

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])  
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 Ac eff. Area di congl. [cm<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.24	-50.0	0.00	50.0	-50.4	41.2	22.0	2603	88.5	----

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica  
 e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 K2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e2)$  in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC  
 Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2  
 e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es  
 srm Distanza massima in mm tra le fessure  
 wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
 M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

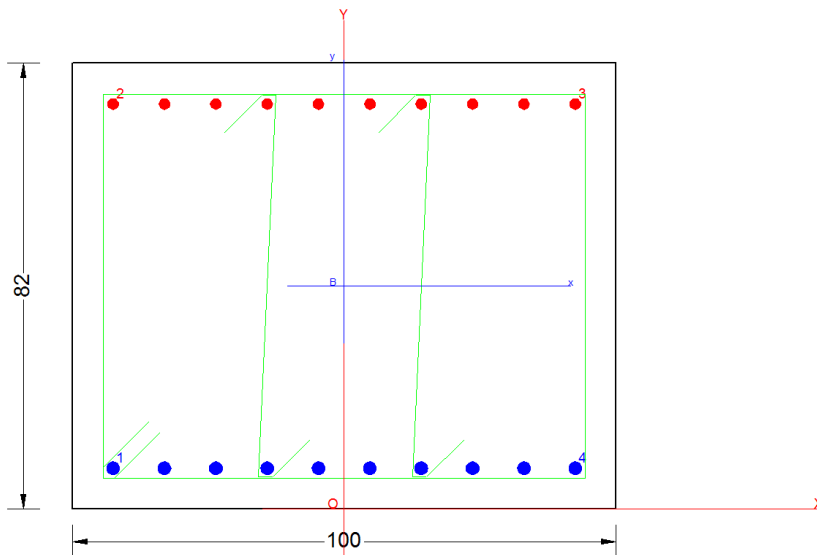
N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00029	0.00017		0.50	0.40	0.000151 (0.000151)	405	0.061 (0.20)	377.14

### 13.2 Paramento

Nei paragrafi seguenti per l'elemento verticale del muro di linea antisvio sono state riportate le verifiche di resistenza a flessione e taglio (in comb. Eccezionale) e le verifiche tensionali e di fessurazione (in comb. Rara), in quanto i muri possono sostenere anche le barriere antirumore.

In particolare, per le verifiche a taglio, si considera la sezione in prossimità dell'urto, dove la diffusione non è ancora avvenuta e il taglio risulta quindi più elevato.

La sezione resistente considerata per le verifiche ha larghezza unitaria ( $B=1.0$  m). Si verifica la sezione di attacco tra paramento e cordolo, di spessore 82cm, armata con  $\varnothing 24/10$  nel lembo teso e  $\varnothing 20/10$  nel lembo compresso. Si utilizzano ferri ripartitori  $\varnothing 12/10$ cm.



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto $f_{cd}$ :	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta $f_{cd}'$ :	9.405 MPa
	Def.unit. max resistenza $ec2$ :	0.0020
	Def.unit. ultima $ecu$ :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale $E_c$ :	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione $f_{ctm}$ :	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	$S_c$ limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	$A_p$ .Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. $f_{yk}$ :		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura $f_{tk}$ :		450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto $f_{yd}$ :		391.30 MPa
Resist. ultima di progetto $f_{td}$ :		391.30 MPa
Deform. ultima di progetto $E_{pu}$ :		0.068
Modulo Elastico $E_f$ :		2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :	0.50	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	82.0
3	50.0	82.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.5	7.5	24
2	-42.5	74.5	20
3	42.5	74.5	20
4	42.5	7.5	24

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	20

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe e legature: 20.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale  
N° Legature: 2  
Diam. Legature: 12

### Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	15	7
2	18	10

### Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
15	-14.2	74.5
7	-14.2	7.5
18	14.2	74.5
10	14.2	7.5

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	61 di 249

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	624.95	0.00	310.00	0.00
2	0.00	0.10	0.00	750.00	0.00

### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	56.68 (452.79)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.3 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.1 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	624.95	0.00	0.00	1237.41	0.00	1.98	45.2(13.3)
2	S	0.00	0.10	0.00	0.00	1237.41	0.00	999.00	45.2(13.3)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	62 di 249

Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.122	-50.0	82.0	0.00061	-42.5	74.5	-0.02518	-42.5	7.5
2	0.00350	0.122	-50.0	82.0	0.00061	-42.5	74.5	-0.02518	-42.5	7.5

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000384948	-0.028065767	0.122	0.700
2	0.000000000	0.000384948	-0.028065767	0.122	0.700

### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm  
Diam. Legature: 12 mm  
Passo staffe e legature: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28) NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lunghezza legatura/proiezione sulla direzione del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	310.00	2174.50	1483.65	74.5	100.0	2.500	1.000	4.7	22.6(11.3)
2	S	750.00	2174.50	1483.65	74.5	100.0	2.500	1.000	11.4	22.6(11.3)

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.57	-50.0	82.0	-18.8	-33.1	7.5	1850	45.2

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

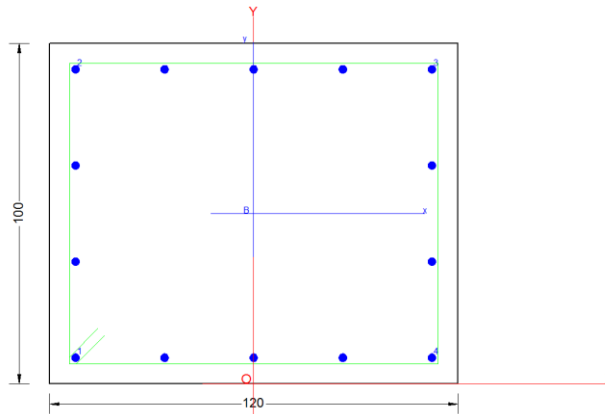
La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00011	0	0.500	24.0	63	0.00006 (0.00006)	381	0.021 (0.20)	452.79	0.00

### 13.3 Cordolo

Si esegue la verifica a taglio+torsione del cordolo di fondazione:



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-60.0	0.0
2	-60.0	100.0
3	60.0	100.0
4	60.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
---------	--------	--------	-----------



Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	65 di 249

1	-52.4	7.6	24
2	-52.4	92.4	24
3	52.4	92.4	24
4	52.4	7.6	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	3	24
2	1	4	3	24
3	1	2	2	24
4	3	4	2	24

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 10.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.  
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
 ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.00	3532.64	736.05	92.4	120.0	1.000	1.000	0.0	22.6(0.0)

#### RISULTATI DEL CALCOLO A TORSIONE SEMPLICE

Ai fini delle verifiche a torsione si considerano solo le 3 barre posizionate sugli angoli della sezione

Momento Torcente Tsdu di calcolo: 62495 daNm  
 Momento Torc. Resist. Trdu sez. tubolare conglom.: 130278 daNm  
 Momento Torc. Resist. Trsd sviluppato dalle staffe: 119380 daNm  
 Momento Torc. Resist. Trld delle barre longitudinali: 101014 daNm

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	66 di 249

### Sezione verificata a torsione semplice

Area Ac del perimetro esterno sezione:	12000	cm <sup>2</sup>
Misura Pc del Perimetro esterno sezione:	440	cm
Spessore sez. anulare resistente (=Ac/Pc):	272.3	cm
Area resistente (racchiusa dal perimetro medio):	6744	cm <sup>2</sup>
Misura del Perimetro medio sez. tubolare resist.:	331	cm

Staffe progettate:	1 Staffa Ø 12 /10	(2.26 cm <sup>2</sup> )
Area barre longitudinali calcolate:	63.33	cm <sup>2</sup>
Barre longitudinali progettate:	14 Ø 24	

### Sezione verificata a taglio-torsione

Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	VRcd	[kN]	356108
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	TRcd	[kNm]	130278
Verifica	$\beta T + \beta V$	[-]	51.93%

## 14 ANALISI DEI RISULTATI -ZONA BORDO

### 14.1 Analisi delle sollecitazioni

Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati delle analisi condotte per i diversi modelli implementati, con le indicazioni dei valori massimi delle sollecitazioni flettenti e taglianti e delle rispettive profondità. I valori riportati sono relativi all'analisi al metro lineare.

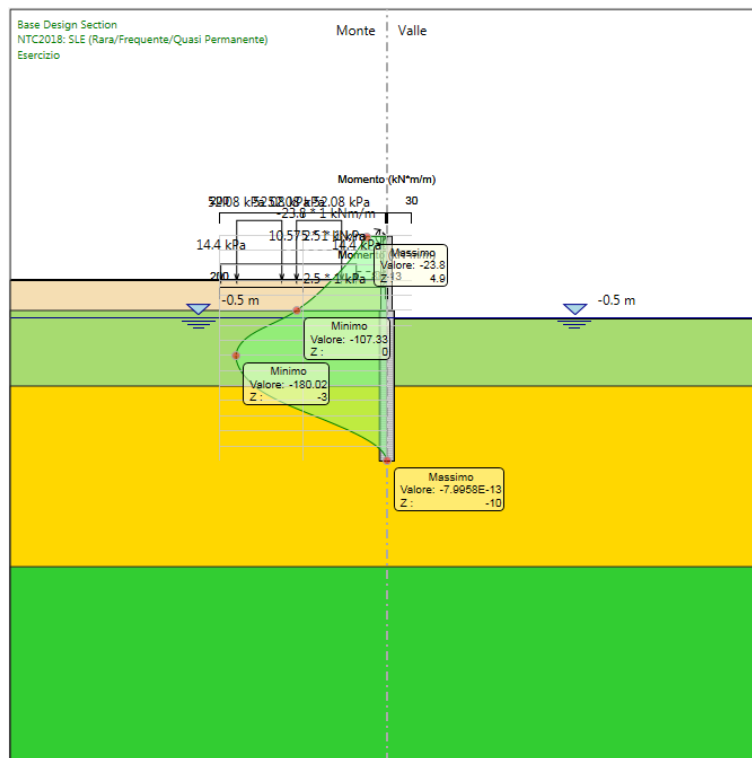


Figura 15: Modello SLE: Involuppo Diagramma del Momento

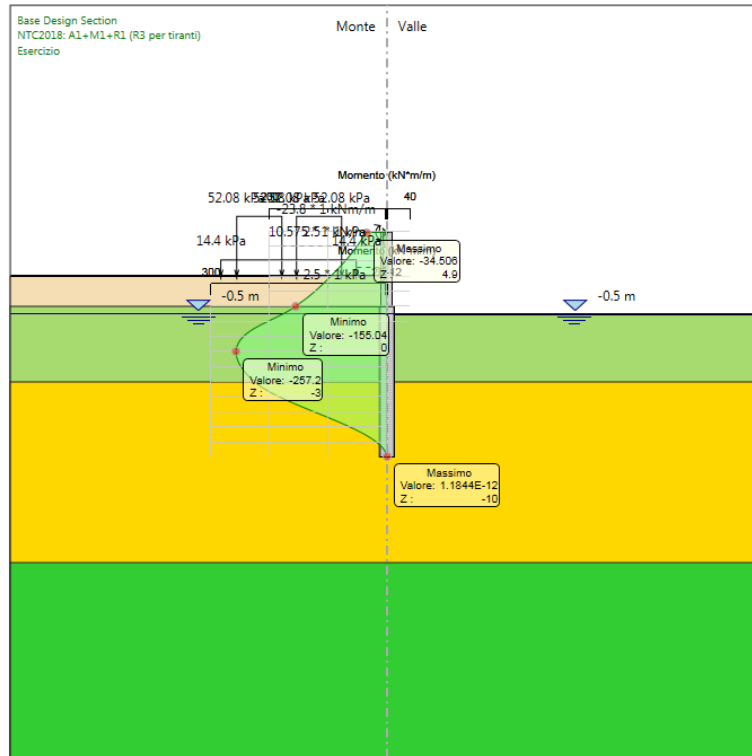


Figura 16: Modello SLU: Inviluppo Diagramma del Momento

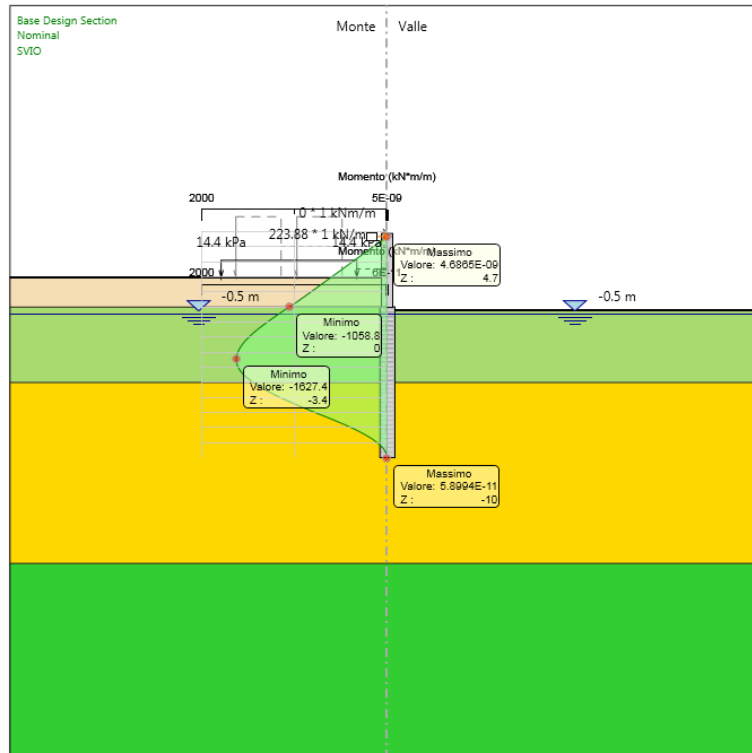


Figura 17: Modello SLU-ECC: Diagramma del Momento

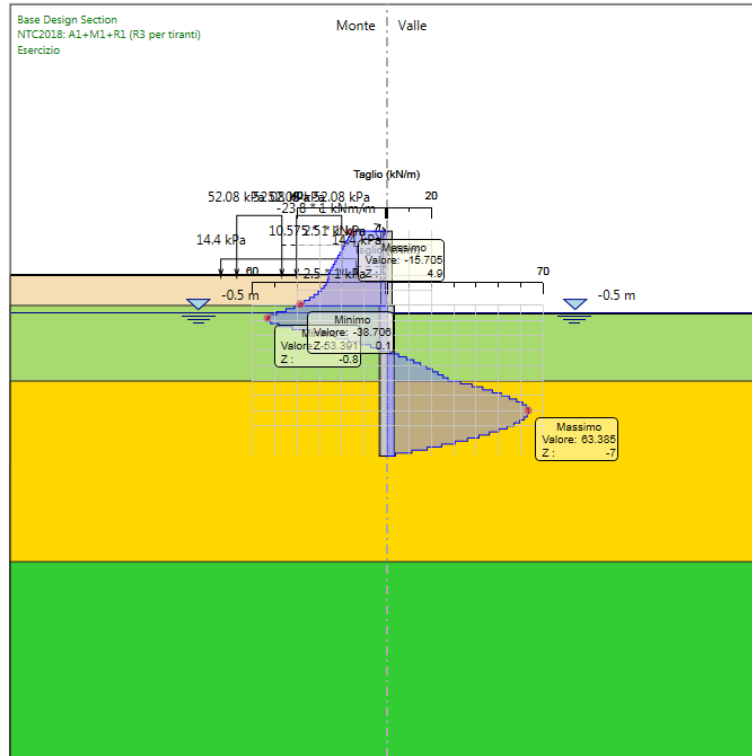


Figura 18: Modello SLU: Involuppo Diagramma del Taglio

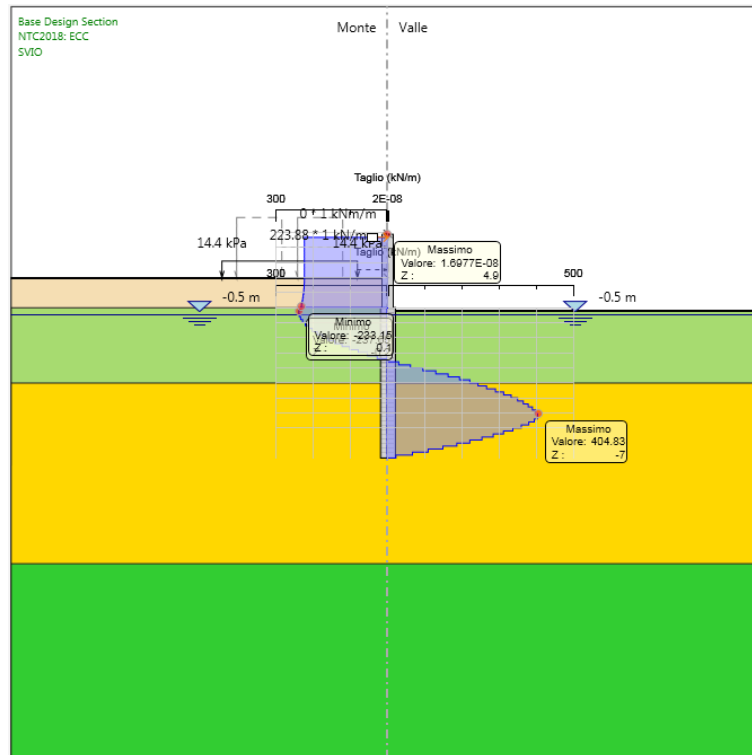


Figura 19: Modello SLU-ECC: Diagramma del Taglio

## 14.2 Analisi degli spostamenti

Di seguito si forniscono le indicazioni dei valori massimi degli spostamenti.

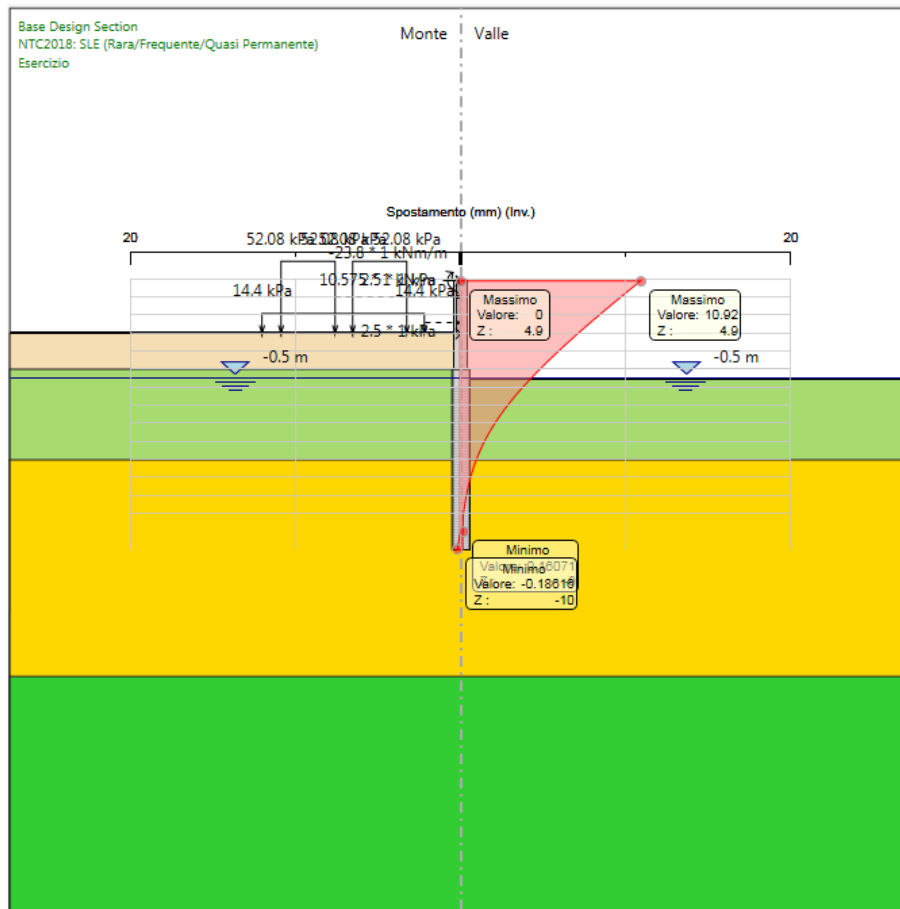


Figura 20: Modello SLE: Involuppo degli spostamenti

Lo spostamento massimo in esercizio risulta pari a 10,92 mm.

## 15 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 15.1 Verifiche di stabilità globale

In accordo alle NTC 2018, le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera in condizioni statiche sono state condotte secondo l'Approccio 1 – combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati alle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.1 delle suddette NTC. Le verifiche in presenza di azioni sismiche sono state eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e considerando la variazione della spinta delle terre per effetto dell'accelerazione sismica (§ 7.11.1 NTC 2018).

Le analisi sono state condotte mediante il programma Paratie Plus, applicando il metodo di Bishop. I risultati ottenuti presentano, lungo tutte le superfici di scivolamento analizzate, dei coefficienti di sicurezza conformi a quanto richiesto dalle NTC, con valore minimo pari a 1.92, come illustrato nella figura seguente con riferimento alla configurazione più gravosa, che si manifesta in fase sismica.

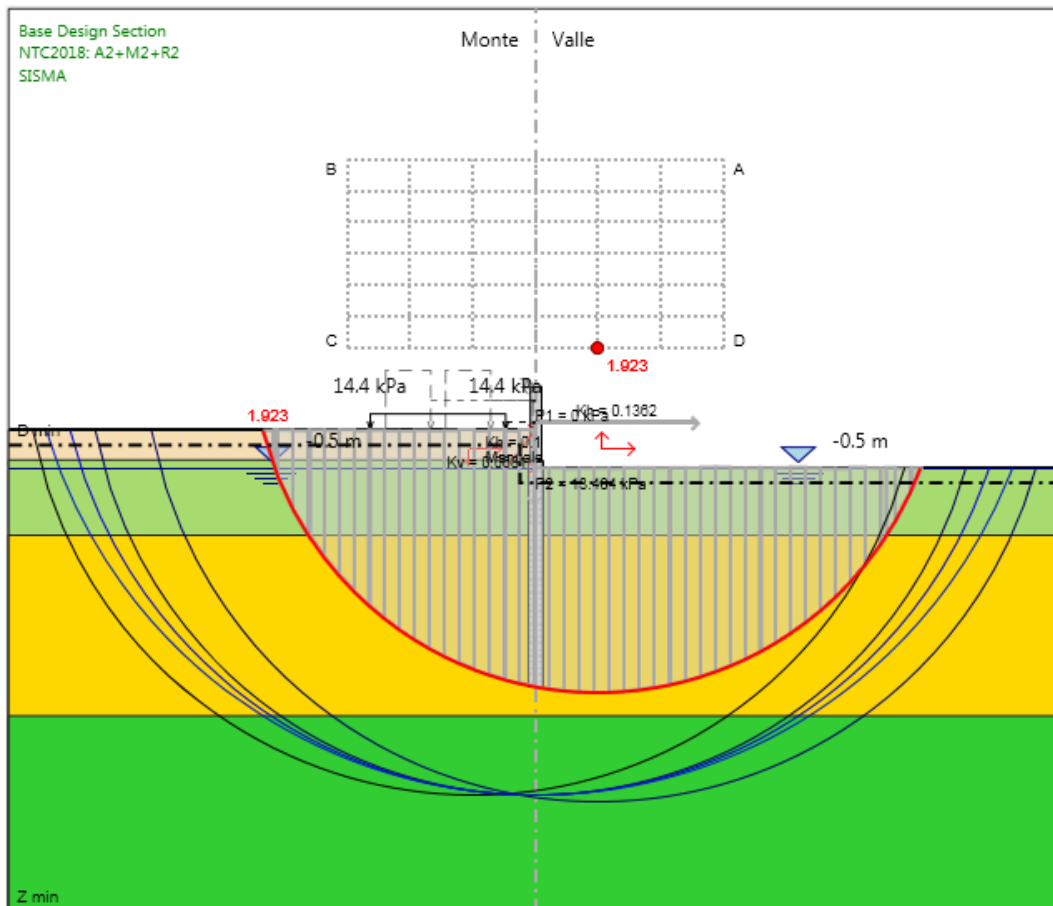


Figura 21: Risultati dell'analisi di stabilità globale

## 15.2 Verifiche geotecniche del sistema struttura-terreno

Le verifiche geotecniche sono svolte valutando il coefficiente di sicurezza in termini di rapporto di mobilitazione della spinta passiva, cioè come rapporto tra spinta passiva mobilitata al piede della paratia e la spinta passiva mobilitabile. La verifica è soddisfatta se tale rapporto è inferiore all'unità.

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva): 0.42

Combinazione SISMICA

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva): 0.55

Combinazione ECC



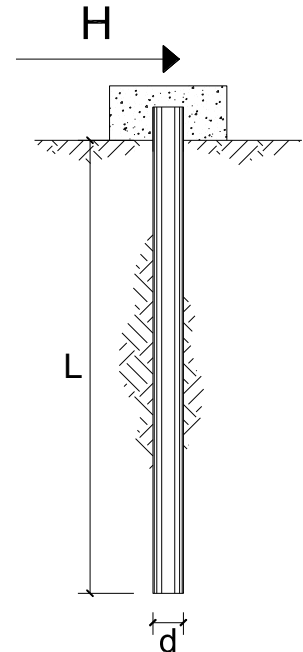
### 15.3 Verifiche al carico limite orizzontale

I valori caratteristici delle azioni orizzontali per la combinazione A1+M1+R3 trasmesse al singolo palo di fondazione per il taglio massimo ottenuto, risulta:

$$V_{sd,max} = 285,18 \text{ kN}$$

#### 15.3.1 Capacità portante orizzontale – condizioni non drenate

#### CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA



**OPERA:**

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		●	1.00	1.00	1.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto: 
$$H = 9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio: 
$$H = -9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo: 
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

**Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare**

Diametro = 1000 (mm)

Raggio = 500 (mm)

Sforzo Normale = 0 (kN)

**Caratteristiche dei Materiali**

calcestruzzo

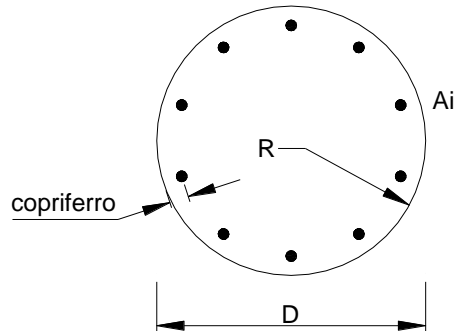
Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

$\gamma_c$  = 1.5

$\alpha_{cc}$  = 0.85

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17$  (Mpa)



**Acciaio**

tipo di acciaio

$f_{yk}$  = 450 (Mpa)

$\gamma_s$  = 1.15

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3$  (Mpa)

$E_s$  = 206000 (Mpa)

$\epsilon_{ys}$  = 0.190%

$\epsilon_{uk}$  = 10.000%

**Armature**

numero	diametro (mm)	area (mm <sup>2</sup> )	copriferro (mm)
24	$\phi$ 32	19302	88
	$\phi$ 0	0	80
0	$\phi$ 0	0	30

Calcolo

**Momento di Plasticizzazione**

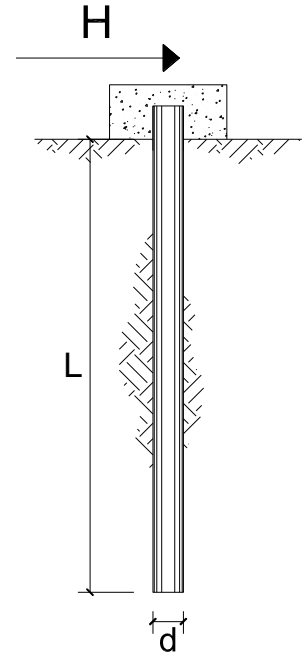
$M_y = 2470.2$  (kN m)

Inserisci



15.3.2 Capacità portante orizzontale – condizioni drenate

**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI**  
**PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**



**OPERA:**

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_{\phi'}$	$\gamma_T$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30

n	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.40
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.40

Palo corto: 
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio: 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo: 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left( 3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	10.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.00	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	2470.24	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med} =$	25.00	(°)	$\varphi'_{min} =$	25.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d} =$	25.00	(°)	$\varphi'_{min,d} =$	25.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1 + \sin\varphi)/(1 - \sin\varphi)$ )	$k_{p_{med}} =$	2.46	(-)	$k_{p_{min}} =$	2.46 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma =$	9.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
Carico Assiale Permanente (G):	G =	285.18	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)		

Palo corto:

$$H1_{med} = 3326.28 \quad (kN) \qquad H1_{min} = 3326.28 \quad (kN)$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 1355.79 \quad (kN) \qquad H2_{min} = 1355.79 \quad (kN)$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 1222.83 \quad (kN) \qquad H3_{min} = 1222.83 \quad (kN)$$

$$H_{med} = 1222.83 \quad (kN) \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 1222.83 \quad (kN) \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 719.31 \quad (kN)$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 553.32 \quad (kN)$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 285.18 \quad (kN)$$

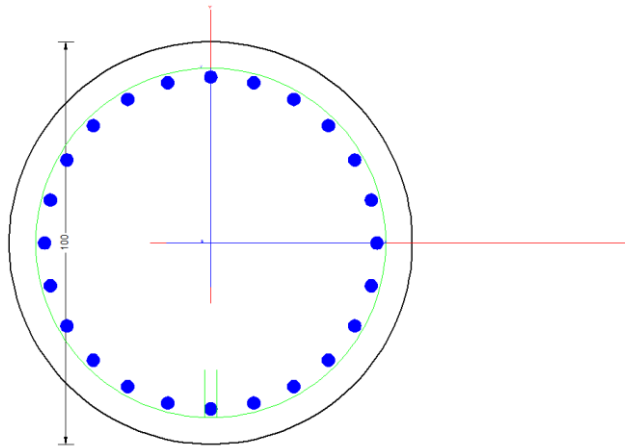
$$FS = H_d / F_d = 1.94$$

La verifica è soddisfatta.

## 16 VERIFICHE STRUTTURALI

### 16.1 Palo di fondazione

I pali saranno armati con una gabbia costituita da uno strato di 24 Ø32 e una spirale Ø12/15, superiore al limite normativo del 1% dell'area di calcestruzzo per uno sviluppo di almeno 10 diametri.



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	10.000 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	100.0	cm
Barre circonferenza:	24Ø32	(193.0 cm <sup>2</sup> )
Coprif.(dal baric. barre):	8.8	cm

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	79 di 249

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	1952.40	485.80	0.00

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione  
 VY Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale  
 MT Momento torcente [kN m]

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	216.00 (377.14)

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2	cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	7.6	cm
Interfero massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe:	6.0	cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	1952.40	-0.04	2478.58	1.270	18.0	---	---	193.0 (23.6)

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
 N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
 As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	50.0	0.00254	41.2	-0.00648	-41.2

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	80 di 249

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]  
 N.Bracci staffe: 2  
 Area staffe/m : 15.1 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm<sup>2</sup>/m]

#### VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors. / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
 Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]  
 bw|z Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Braccio coppia interna  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	AST
1	S	485.80	1470.61	991.72	89.6 67.2	2.500	1.000	7.4

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])  
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 Ac eff. Area di congl. [cm<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.06	-50.0	0.00	50.0	-46.4	41.2	22.0	2603	88.5	----

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica  
 e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 K2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e2)$  in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC  
 Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2  
 e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es  
 srm Distanza massima in mm tra le fessure  
 wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
 M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00027	0.00015		0.50	0.40	0.000139 (0.000139)	405	0.056 (0.20)	377.14

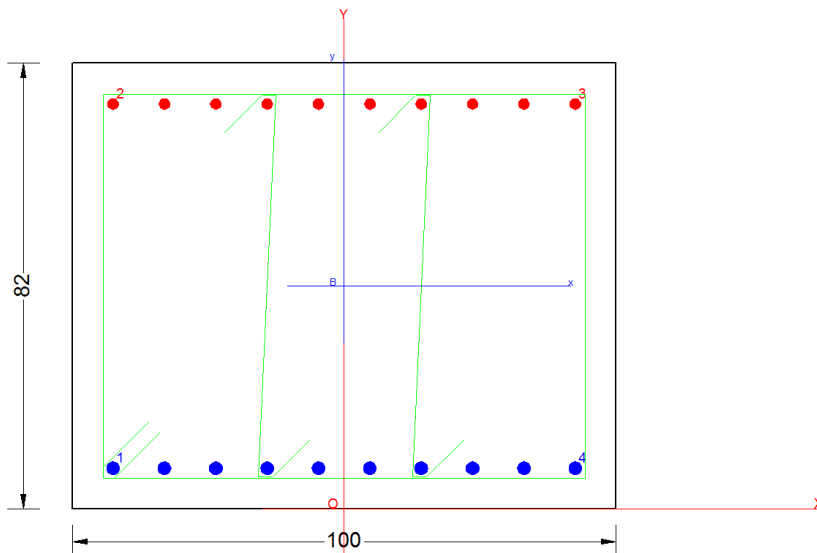


## 16.2 Paramento

Nei paragrafi seguenti per l'elemento verticale del muro di linea antisvio sono state riportate le verifiche di resistenza a flessione e taglio (in comb. Eccezionale) e le verifiche tensionali e di fessurazione (in comb. Rara), in quanto i muri possono sostenere anche le barriere antirumore.

In particolare, per le verifiche a taglio, si considera la sezione in prossimità dell'urto, dove la diffusione non è ancora avvenuta e il taglio risulta quindi più elevato.

La sezione resistente considerata per le verifiche ha larghezza unitaria ( $B=1.0$  m). Si verifica la sezione di attacco tra paramento e cordolo, di spessore 82cm, armata con  $\varnothing 24/10$  nel lembo teso e  $\varnothing 20/10$  nel lembo compresso. Si utilizzano ferri ripartitori  $\varnothing 12/10$ cm.



### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto $f_{cd}$ :	18.810 MPa	
	Resis. compr. ridotta $f_{cd}'$ :	9.405 MPa	
	Def.unit. max resistenza $ec2$ :	0.0020	
	Def.unit. ultima $ecu$ :	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale $E_c$ :	33643.0 MPa	
	Resis. media a trazione $f_{ctm}$ :	3.100 MPa	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	$S_c$ limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa	
	$A_p$ .Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
		Resist. caratt. snervam. $f_{yk}$ :	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura $f_{tk}$ :		450.00 MPa	
Resist. snerv. di progetto $f_{yd}$ :		391.30 MPa	
Resist. ultima di progetto $f_{td}$ :		391.30 MPa	
Deform. ultima di progetto $E_{pu}$ :		0.068	
Modulo Elastico $E_f$ :		2000000 daN/cm <sup>2</sup>	
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50		

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	82.0
3	50.0	82.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.5	7.5	24
2	-42.5	74.5	20
3	42.5	74.5	20
4	42.5	7.5	24

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	20

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe e legature: 20.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale  
N° Legature: 2  
Diam. Legature: 12

### Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	15	7
2	18	10

### Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
15	-14.2	74.5
7	-14.2	7.5
18	14.2	74.5
10	14.2	7.5

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	83 di 249

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	1058.00	0.00	233.15	0.00
2	0.00	0.10	0.00	750.00	0.00

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	56.68 (452.79)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.3 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.1 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1058.00	0.00	0.00	1237.41	0.00	1.17	45.2(13.3)
2	S	0.00	0.10	0.00	0.00	1237.41	0.00	999.00	45.2(13.3)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	84 di 249

Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.122	-50.0	82.0	0.00061	-42.5	74.5	-0.02518	-42.5	7.5
2	0.00350	0.122	-50.0	82.0	0.00061	-42.5	74.5	-0.02518	-42.5	7.5

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000384948	-0.028065767	0.122	0.700
2	0.000000000	0.000384948	-0.028065767	0.122	0.700

### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm  
Diam. Legature: 12 mm  
Passo staffe e legature: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	233.15	2174.50	1483.65	74.5	100.0	2.500	1.000	3.6	22.6(11.3)
2	S	750.00	2174.50	1483.65	74.5	100.0	2.500	1.000	11.4	22.6(11.3)

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.57	-50.0	82.0	-18.8	-23.6	7.5	1850	45.2

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	85 di 249

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

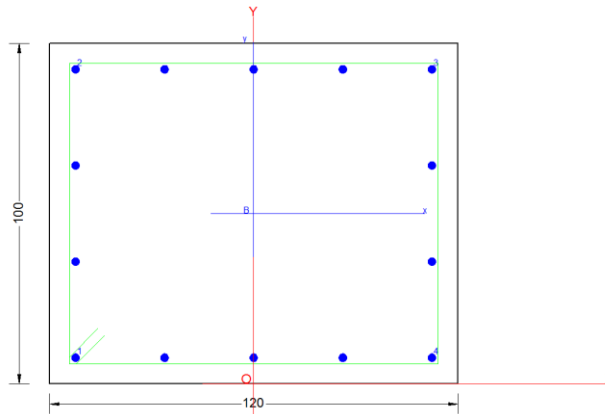
La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max*(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00011	0	0.500	24.0	63	0.00006 (0.00006)	381	0.021 (0.20)	452.79	0.00

### 16.3 Cordolo

Si esegue la verifica a taglio+torsione del cordolo di fondazione:



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-60.0	0.0
2	-60.0	100.0
3	60.0	100.0
4	60.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
---------	--------	--------	-----------

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	87 di 249

1	-52.4	7.6	24
2	-52.4	92.4	24
3	52.4	92.4	24
4	52.4	7.6	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	3	24
2	1	4	3	24
3	1	2	2	24
4	3	4	2	24

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 10.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	0.10	0.00	0.00	492.60

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.4 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 23.8 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.2 cm

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
 Vvd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	88 di 249

Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.

bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.

Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato

Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione

Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]

A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]

Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	233.15	3532.64	736.05	92.4	120.0	1.000	1.000	0.0	22.6(0.0)

### RISULTATI DEL CALCOLO A TORSIONE SEMPLICE

Ai fini delle verifiche a torsione si considerano solo le 3 barre posizionate sugli angoli della sezione

Momento Torcente Tsdu di calcolo:	94184	daNm
Momento Torc. Resist. Trdu sez. tubolare conglom.:	130278	daNm
Momento Torc. Resist. Trsd sviluppato dalle staffe:	119380	daNm
Momento Torc. Resist. Trld delle barre longitudinali:	101014	daNm

### Sezione verificata a torsione semplice

Area Ac del perimetro esterno sezione:	12000	cm <sup>2</sup>
Misura Pc del Perimetro esterno sezione:	440	cm
Spessore sez. anulare resistente (=Ac/Pc):	272.3	cm
Area resistente (racchiusa dal perimetro medio):	6744	cm <sup>2</sup>
Misura del Perimetro medio sez. tubolare resist.:	331	cm
Staffe progettate:	1 Staffa Ø 12 /10	(2.26 cm <sup>2</sup> )
Area barre longitudinali calcolate:	63.33	cm <sup>2</sup>
Barre longitudinali progettate:	14 Ø 24	

### Sezione verificata a taglio-torsione

Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	VRcd	[kN]	356108
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	TRcd	[kNm]	130278
Verifica	βT+βV	[-]	78.84%



Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	89 di 249

**17 INCIDENZE**

Elemento	Area [mc]	Lato	Armatura longitudinale	Armatura di ripartizione	Spilli	Sommano [kg]	Incidenza di progetto [kg/m <sup>3</sup> ]
			Peso [kg]				
ELEVAZIONE	4.20	Terra	205.96	8.88	7.99	374.74	90
		Scavo	143.03	8.88			
CORDOLO	1.20		49.71	34.81	0.00	84.52	75

Elemento	Diametro [m]	Armatura verticale				Armatura a taglio		Peso [kg]	Incidenza di progetto [kg/m <sup>3</sup> ]
		Gabbia	Diametro [mm]	N°	L [m]	Diametro [mm]	Passo [m]		
Pali	1	Gabbia 1	32	24	10	12	0.15	1701.31	225



**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	90 di 249

**18 ALLEGATI**



## Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 10 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 24

Diametro : 0.032 m

Distanza dal bordo : 0.088 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 10 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.15 m

Sezione : PALOØ1000

Area equivalente : 0.356999165180658 m

Inerzia equivalente : 0.0223 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

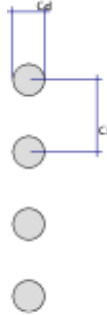
Spaziatura : 2.2 m

Diametro : 1 m

Efficacia : 1

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	93 di 249



Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	94 di 249

X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Muro di sinistra

Armatura      Lunghezza segmenti : 1 m

Sezione : Parete sp.75cm

Area equivalente : 0.75 m

Inerzia equivalente : 0.0352 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C30/37

Tipo sezione : Solid

Spessore : 0.75 m

Efficacia : 1

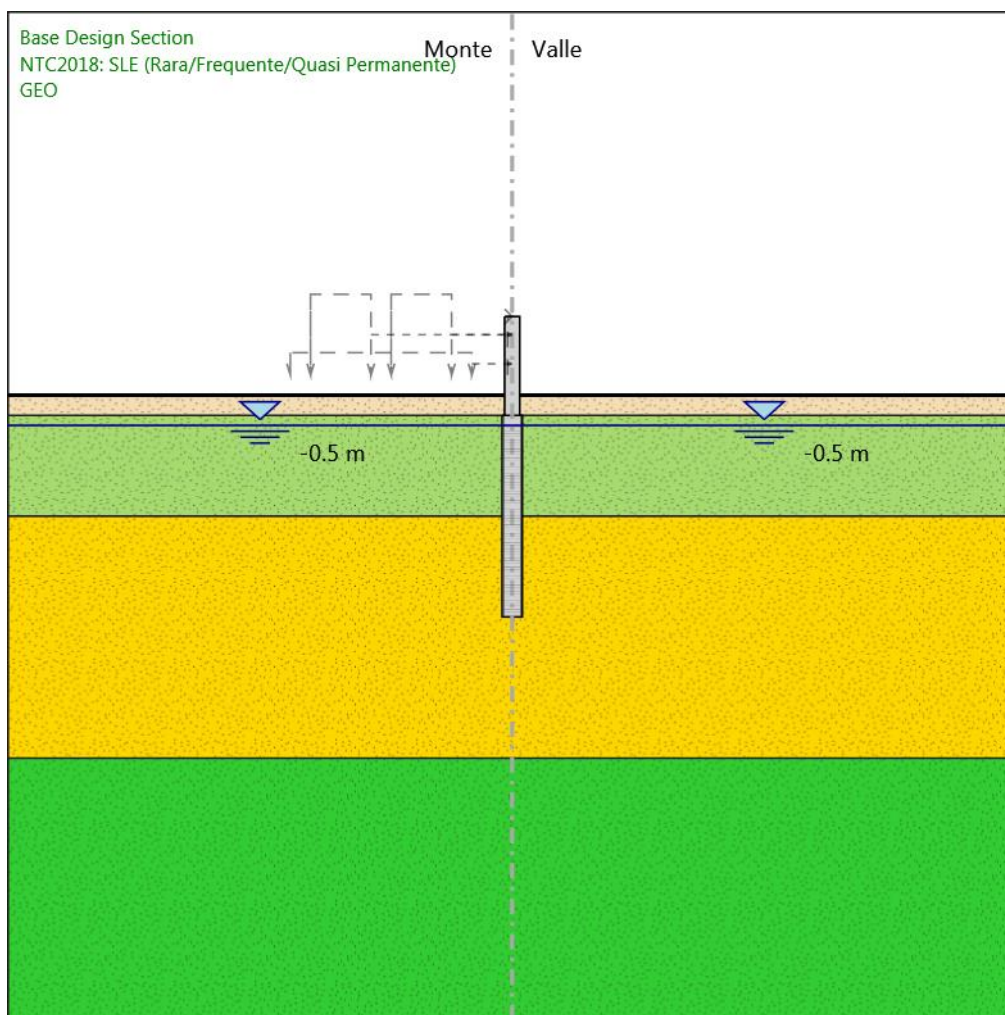
Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	95 di 249



## Fasi di Calcolo

### GEO



GEO

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 1 m



Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	97 di 249

Lato valle : 1 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

1 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

1 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

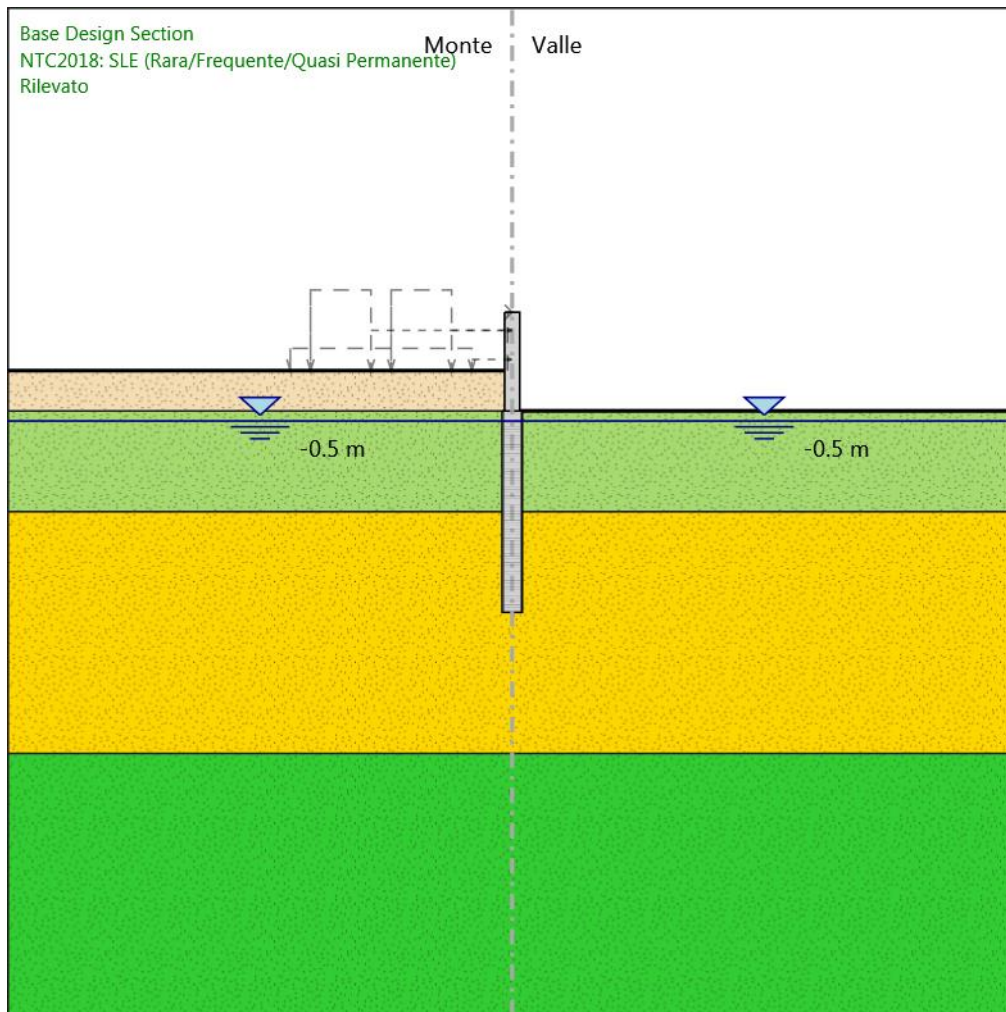
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## Rilevato



Rilevato

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : 0 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	99 di 249

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

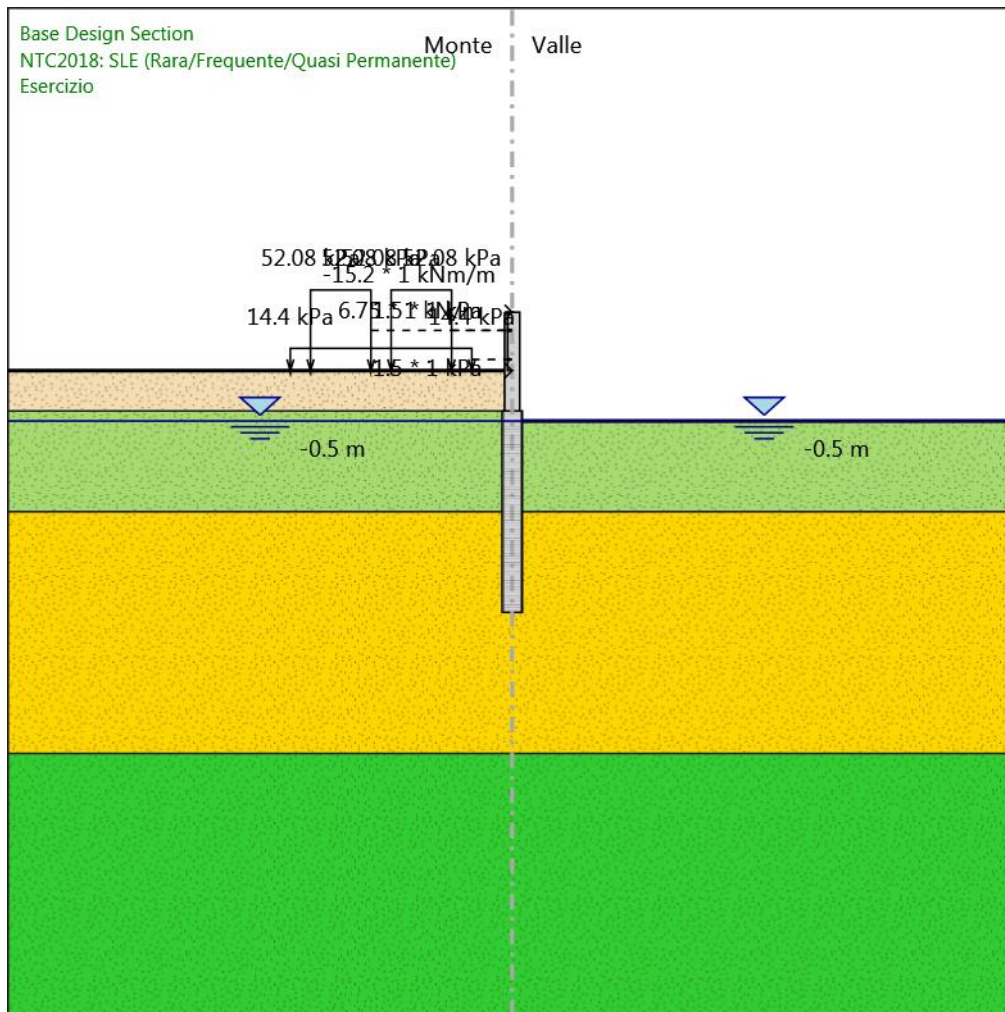
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## Esercizio



Esercizio

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : -0.5 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	101 di 249

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-0.5 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

#### Carichi

Carico puntuale alla paratia : VENTO su BA

Quota : 4.9 m

Px : 6.75 kN/m

Pz : 1 kN/m

: -15.2 kNm/m

X : 0 m

Carico lineare sulla paratia : VENTO+PA

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 2 m

Pressione in alto : 1.5 kPa

Pressione in fondo : 1.5 kPa

X : 0 m

Carico lineare in superficie : BALLAST

X iniziale : -11 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

Carico lineare in superficie : LM71 B2

X iniziale : -10 m

X finale : -7 m

Pressione iniziale : 52.08 kPa

Pressione finale : 52.08 kPa

Carico lineare in superficie : LM71 B1

X iniziale : -6 m

X finale : -3 m

Pressione iniziale : 52.08 kPa

Pressione finale : 52.08 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	102 di 249

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

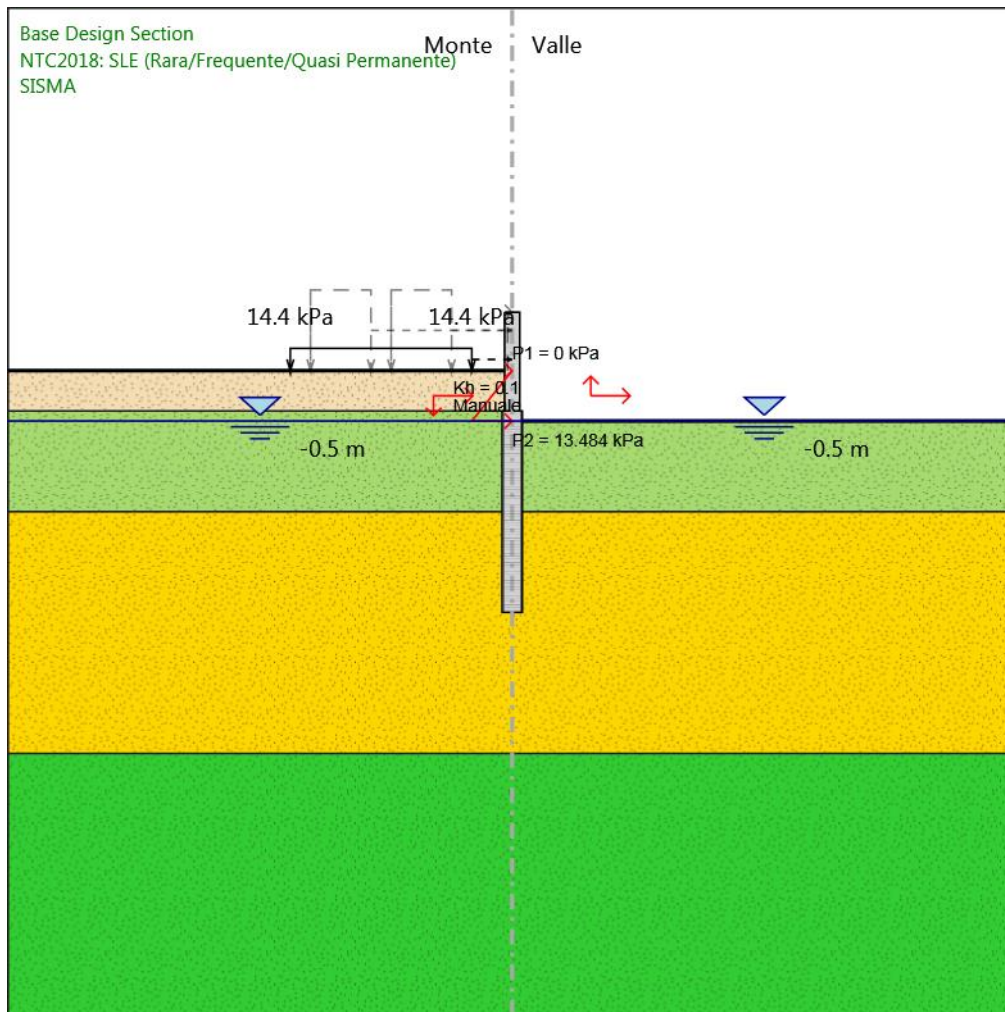
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## SISMA



SISMA

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : -0.5 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	104 di 249

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-0.5 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : BALLAST

X iniziale : -11 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

X : 0 m

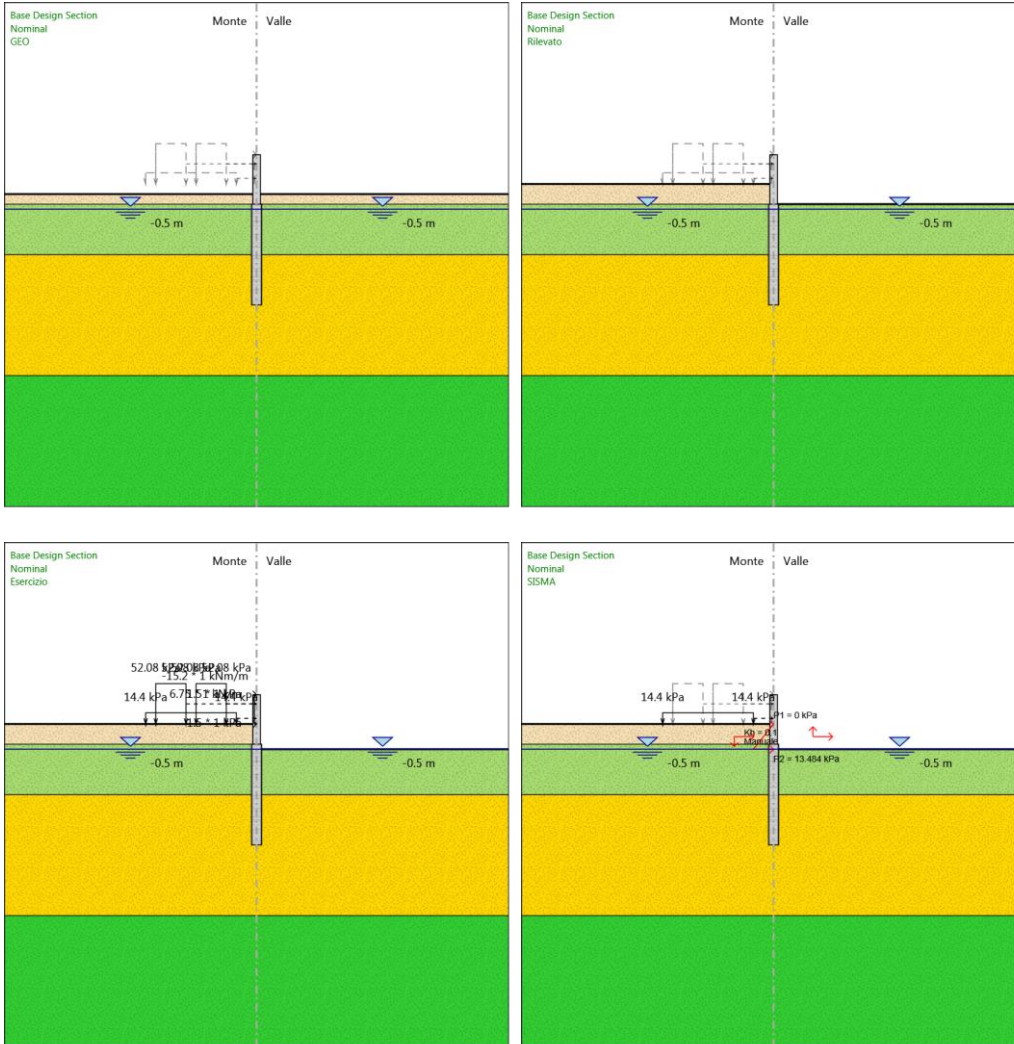
Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm



### Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressio ni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressio ni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_GDStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_UPL_GStab)	Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Permane nti Destabiliz zanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permane nti Stabilizz anti (F_HYD_GStab)	Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_HYD_QDStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.35	1	1.45	1	0	1.3	1	1	1	1	1.35	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_cohe)	Parziale su $S_u$ (F_Su)	Parziale su $q_u$ (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1

## Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

### Tabella Inviluppi Spostamento Left Wall

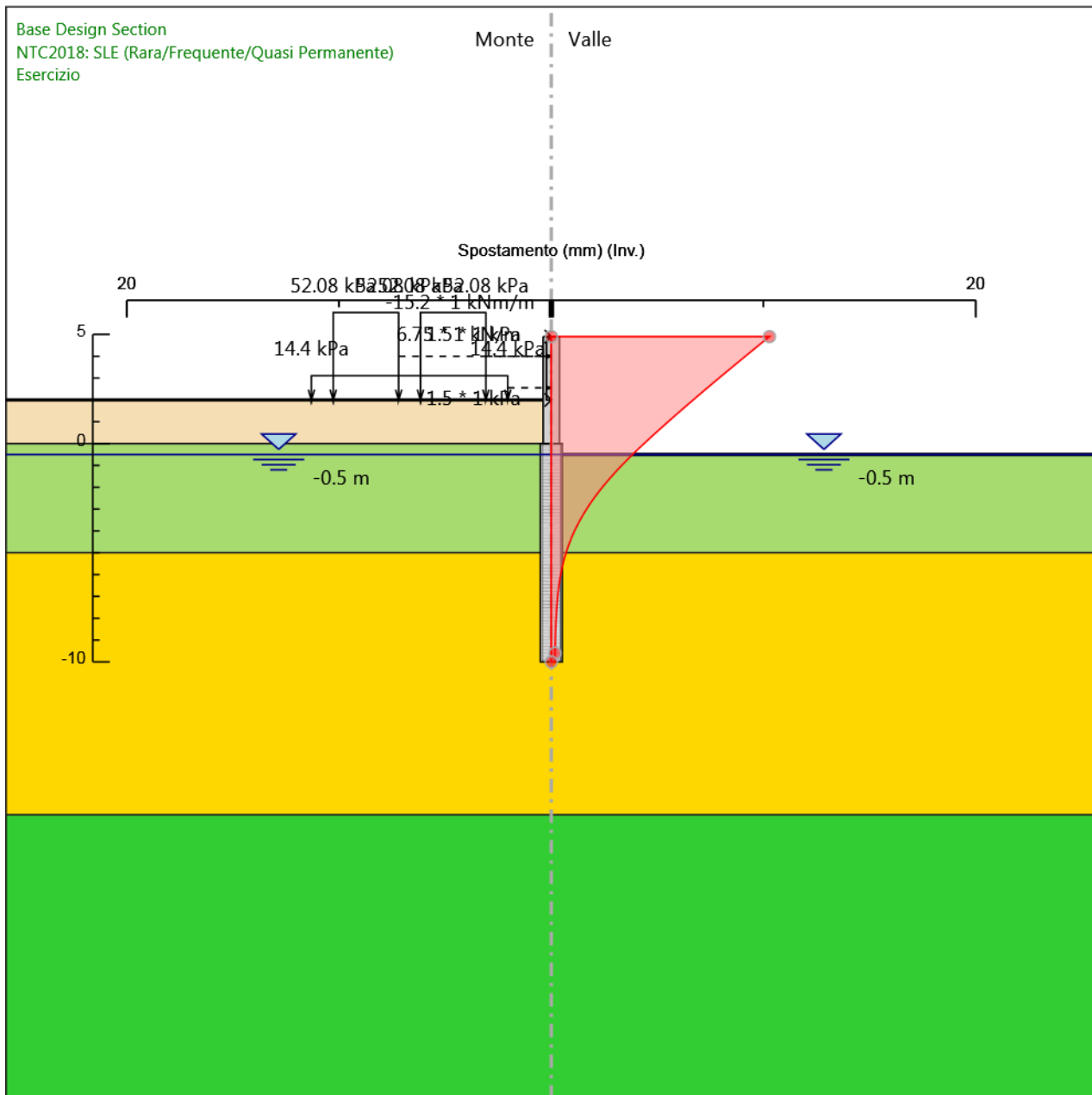
Design Assumption: Nominal Inviluppi: Spostamento			Muro: LEFT
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)	
4.9	0	10.276	
4.7	0	10.023	
4.5	0	9.77	
4.3	0	9.518	
4.1	0	9.267	
3.9	0	9.016	
3.7	0	8.766	
3.5	0	8.517	
3.3	0	8.269	
3.1	0	8.022	
2.9	0	7.776	
2.7	0	7.531	
2.5	0	7.287	
2.3	0	7.044	
2.1	0	6.803	
1.9	0	6.563	
1.7	0	6.325	
1.5	0	6.088	
1.3	0	5.852	
1.1	0	5.619	
0.9	0	5.387	
0.7	0	5.157	
0.5	0	4.929	
0.3	0	4.703	
0.1	0	4.479	
0	0	4.368	
-0.2	0	4.149	
-0.4	0	3.934	
-0.6	0	3.723	
-0.8	0	3.518	
-1	0	3.317	
-1.2	0	3.122	
-1.4	0	2.933	
-1.6	0	2.75	
-1.8	0	2.574	
-2	0	2.404	
-2.2	0	2.241	
-2.4	0	2.086	
-2.6	0	1.937	
-2.8	0	1.795	
-3	0	1.661	
-3.2	0	1.533	
-3.4	0	1.413	
-3.6	0	1.3	
-3.8	0	1.193	
-4	0	1.094	
-4.2	0	1.001	
-4.4	0	0.915	
-4.6	0	0.835	
-4.8	0	0.762	
-5	0	0.694	

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	108 di 249

Design Assumption: Nominal Involuppi: Spostamento			Muro: LEFT
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)	
-5.2	0	0.633	
-5.4	0	0.577	
-5.6	0	0.526	
-5.8	0	0.481	
-6	0	0.44	
-6.2	0	0.404	
-6.4	0	0.372	
-6.6	0	0.344	
-6.8	0	0.32	
-7	0	0.298	
-7.2	0	0.28	
-7.4	0	0.263	
-7.6	0	0.249	
-7.8	0	0.237	
-8	0	0.227	
-8.2	0	0.217	
-8.4	0	0.209	
-8.6	0	0.202	
-8.8	0	0.195	
-9	0	0.189	
-9.2	0	0.183	
-9.4	0	0.178	
-9.6	0	0.172	
-9.8	0	0.173	
-10	0	0.175	

## Grafico Inviluppi Spostamento





**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	110 di 249

Spostamento

## Tabella Inviluppi Momento PALO

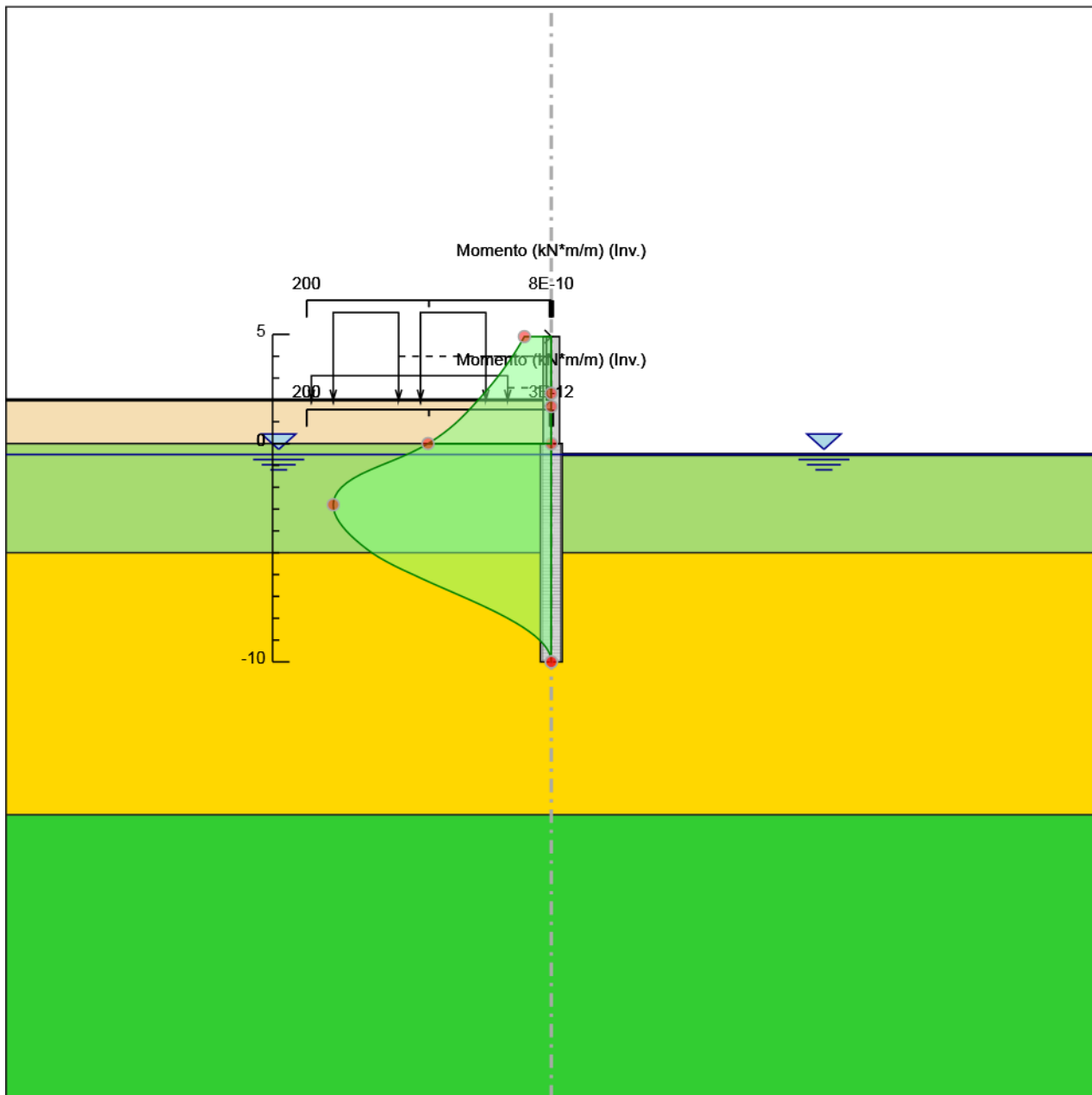
Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: PALO
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	100.773	0
-0.2	107.082	0
-0.4	114.155	0
-0.6	122.062	0
-0.8	130.61	0
-1	139.337	0
-1.2	147.789	0
-1.4	155.506	0
-1.6	162.026	0
-1.8	167.305	0
-2	171.436	0
-2.2	174.514	0
-2.4	176.624	0
-2.6	177.848	0
-2.8	178.265	0
-3	177.946	0
-3.2	176.959	0
-3.4	175.368	0
-3.6	173.233	0
-3.8	170.605	0
-4	167.537	0
-4.2	164.07	0
-4.4	160.231	0
-4.6	156.043	0
-4.8	151.528	0
-5	146.702	0
-5.2	141.141	0
-5.4	134.916	0
-5.6	128.086	0
-5.8	120.704	0
-6	112.888	0
-6.2	105.296	0
-6.4	97.375	0
-6.6	89.261	0
-6.8	81.072	0
-7	72.916	0
-7.2	64.888	0
-7.4	57.07	0
-7.6	49.538	0
-7.8	42.358	0
-8	35.588	0
-8.2	29.28	0
-8.4	23.483	0
-8.6	18.239	0
-8.8	13.587	0
-9	9.564	0
-9.2	6.204	0
-9.4	3.537	0
-9.6	1.595	0
-9.8	0.406	0
-10	0	0

## Tabella Inviluppi Momento Parete

Z (m)	Design Assumption: Nominal Inviluppi: Momento Muro: Parete	
	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
4.9	22.046	0
4.7	24.047	0
4.5	26.138	0
4.3	28.316	0
4.1	30.584	0
3.9	32.94	0
3.7	35.384	0
3.5	37.917	0
3.3	40.539	0
3.1	43.249	0
2.9	46.048	0
2.7	48.935	0
2.5	51.911	0
2.3	54.975	0
2.1	58.128	0
1.9	61.347	0
1.7	64.592	0
1.5	67.914	0
1.3	71.365	0
1.1	75	0
0.9	78.873	0
0.7	83.04	0
0.5	87.557	0
0.3	92.483	0
0.1	97.878	0
0	100.773	0



## Grafico Involuppi Momento





RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	114 di 249

Momento

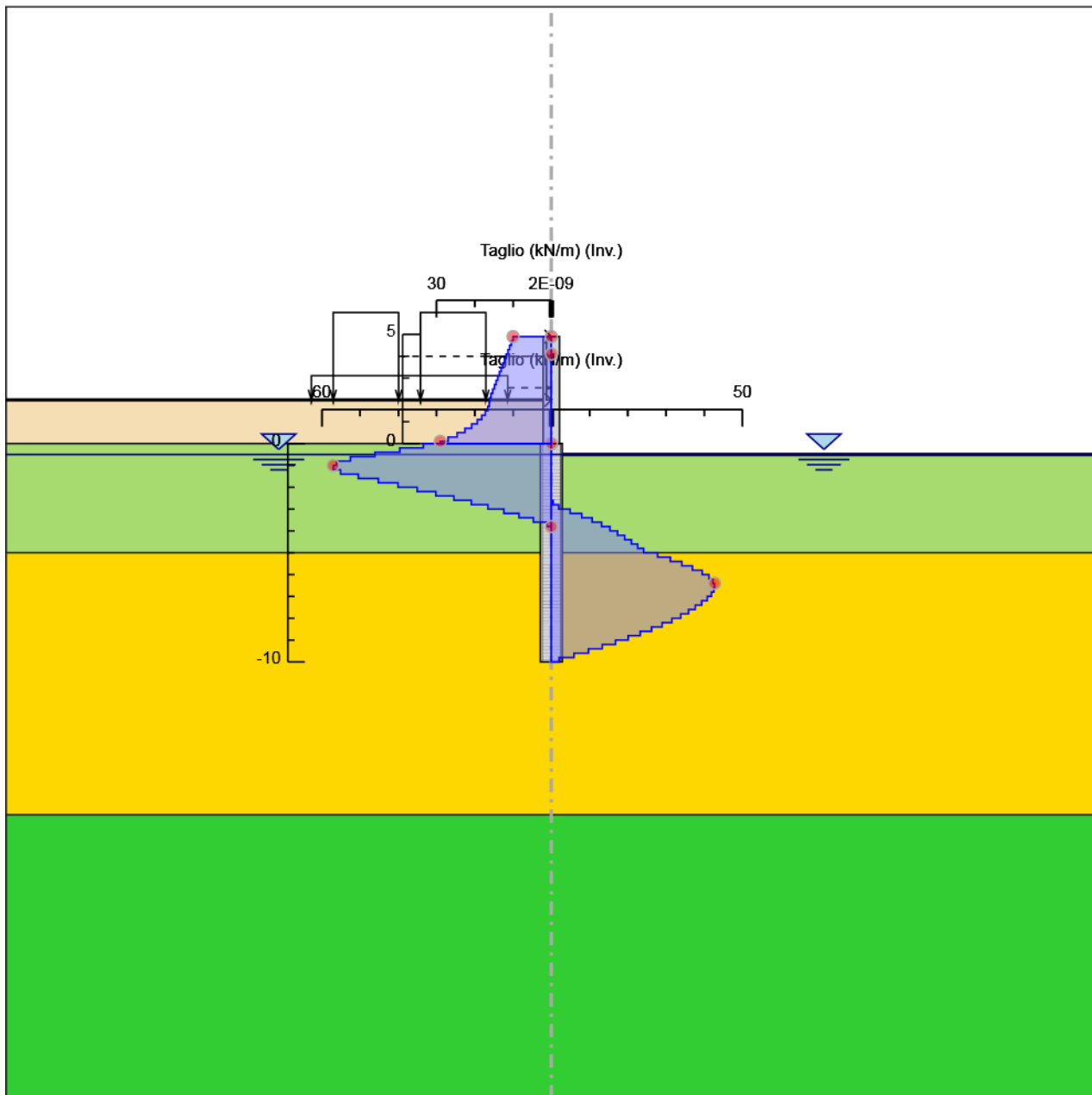
## Tabella Inviluppi Taglio PALO

Z (m)	Design Assumption: Nominal Inviluppi: Taglio Muro: PALO	
	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	33.462	0
-0.2	39.639	0
-0.4	46.126	0
-0.6	52.525	0
-0.8	56.183	0
-1	57.035	0
-1.2	57.035	0
-1.4	55.114	0
-1.6	50.471	0
-1.8	45.231	0
-2	40.081	0
-2.2	35.063	0
-2.4	30.182	0
-2.6	25.46	0.458
-2.8	20.912	1.941
-3	16.559	4.933
-3.2	12.4	7.953
-3.4	8.44	10.679
-3.6	4.684	13.136
-3.8	1.139	15.344
-4	0	17.335
-4.2	0	19.194
-4.4	0	20.938
-4.6	0	22.576
-4.8	0	24.131
-5	0	27.803
-5.2	0	31.128
-5.4	0	34.151
-5.6	0	36.907
-5.8	0	39.462
-6	0	41.217
-6.2	0	42.266
-6.4	0	42.674
-6.6	0	42.674
-6.8	0	42.518
-7	0	41.873
-7.2	0	40.79
-7.4	0	39.324
-7.6	0	37.66
-7.8	0	35.9
-8	0	33.849
-8.2	0	31.537
-8.4	0	28.985
-8.6	0	26.22
-8.8	0	23.259
-9	0	20.117
-9.2	0	16.801
-9.4	0	13.332
-9.6	0	9.712
-9.8	0	5.945
-10	0	2.03

## Tabella Inviluppi Taglio Parete

Z (m)	Design Assumption: Nominal Inviluppi: Taglio Muro: Parete	
	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
4.9	10.009	0
4.7	10.452	0
4.5	10.894	0
4.3	11.337	0
4.1	11.78	0
3.9	12.223	0
3.7	12.665	0
3.5	13.108	0
3.3	13.551	0
3.1	13.994	0
2.9	14.436	0
2.7	14.879	0
2.5	15.322	0
2.3	15.764	0
2.1	16.095	0
1.9	16.223	0
1.7	16.61	0
1.5	17.259	0
1.3	18.175	0
1.1	19.364	0
0.9	20.832	0
0.7	22.587	0
0.5	24.632	0
0.3	26.973	0
0.1	29.052	0
0	29.052	0

## Grafico Inviluppi Taglio





RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	118 di 249

Taglio

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: SISMICA STR	GEO	Left Wall	LEFT	16.33
NTC2018: SISMICA STR	SISMA	Left Wall	RIGHT	39.32

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	120 di 249

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Esercizio	Left Wall	LEFT	114.16
NTC2018: SISMICA STR	GEO	Left Wall	RIGHT	173.25



## ***Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali***

### **Normative Verifiche**

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.8
$\gamma_s$	1.15

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	GEO Rilevato Esercizio SISMA			
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V

## Risultati Caver

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver : LEFT

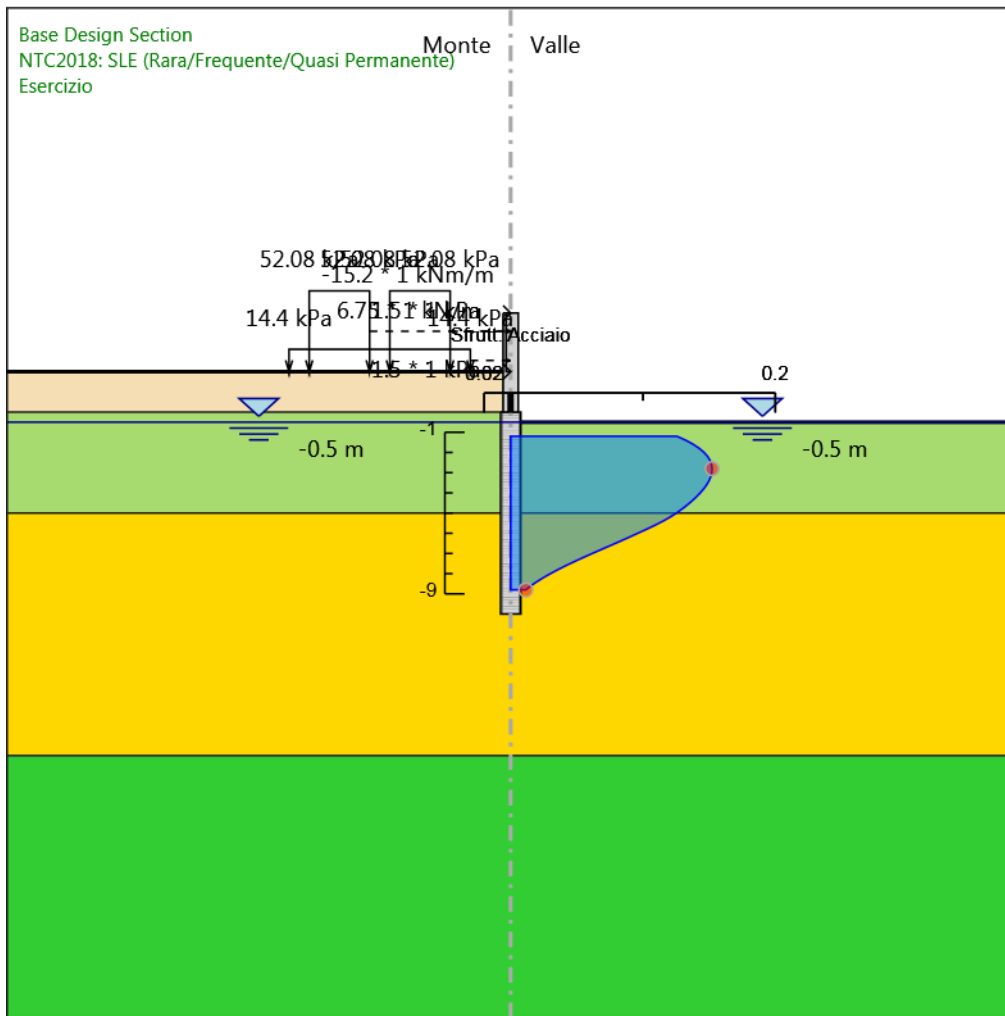
Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-1.2	0.233	
-1.4	0.246	
-1.6	0.256	
-1.8	0.264	
-2	0.271	
-2.2	0.276	
-2.4	0.279	
-2.6	0.282	
-2.8	0.282	
-3	0.282	
-3.2	0.28	
-3.4	0.278	
-3.6	0.275	
-3.8	0.27	
-4	0.266	
-4.2	0.26	
-4.4	0.254	
-4.6	0.247	
-4.8	0.24	
-5	0.232	
-5.2	0.223	
-5.4	0.213	
-5.6	0.202	
-5.8	0.19	
-6	0.178	
-6.2	0.166	
-6.4	0.153	
-6.6	0.14	
-6.8	0.127	
-7	0.114	
-7.2	0.102	
-7.4	0.089	
-7.6	0.077	
-7.8	0.066	
-8	0.055	
-8.2	0.046	
-8.4	0.037	
-8.6	0.028	
-8.8	0.021	



### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver
-1.2	0.126
-1.4	0.132
-1.6	0.138
-1.8	0.143
-2	0.146
-2.2	0.149
-2.4	0.151
-2.6	0.152
-2.8	0.152
-3	0.152
-3.2	0.151
-3.4	0.15
-3.6	0.148
-3.8	0.146
-4	0.143
-4.2	0.14
-4.4	0.137
-4.6	0.133
-4.8	0.129
-5	0.125
-5.2	0.12
-5.4	0.115
-5.6	0.109
-5.8	0.103
-6	0.096
-6.2	0.089
-6.4	0.083
-6.6	0.076
-6.8	0.069
-7	0.062
-7.2	0.055
-7.4	0.048
-7.6	0.042
-7.8	0.036
-8	0.03
-8.2	0.025
-8.4	0.02
-8.6	0.015
-8.8	0.011

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover

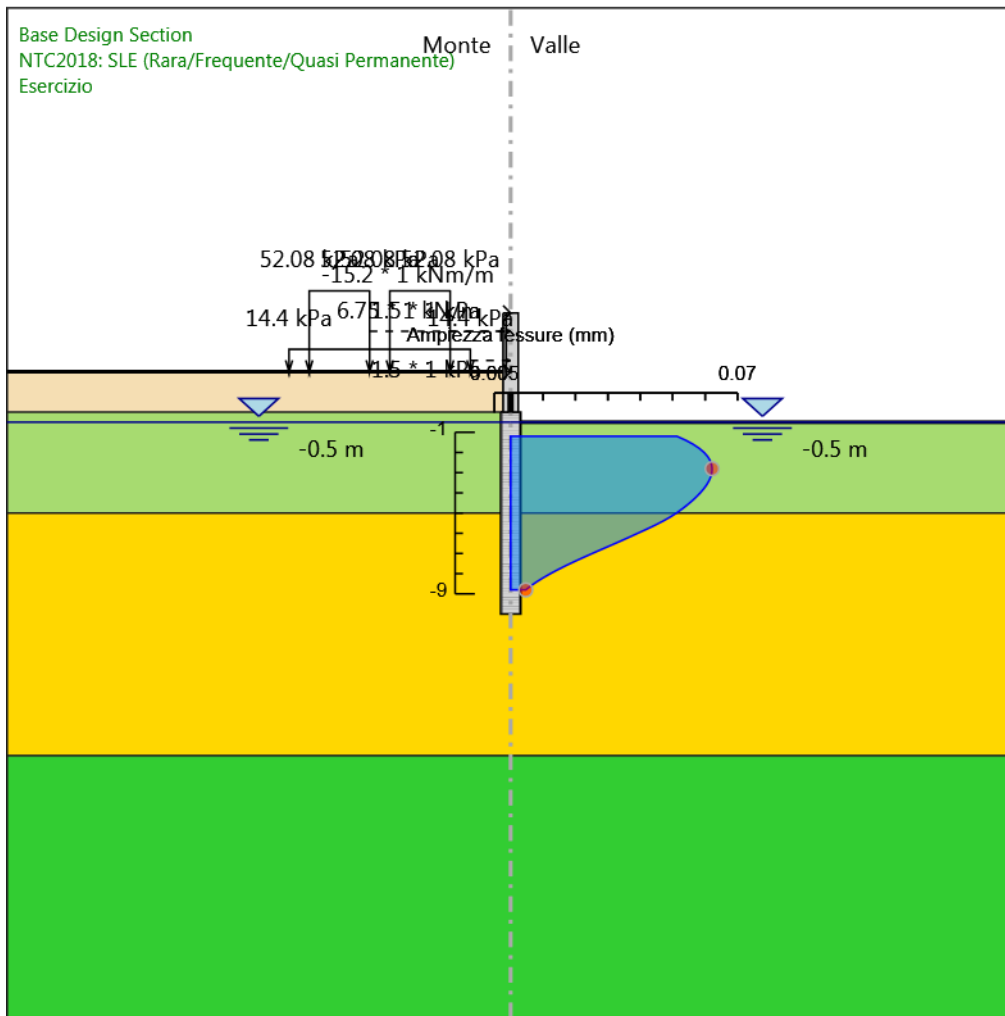


Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Armature - Cover

### Tabella Inviluppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Inviluppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-1.2	0.051	
-1.4	0.054	
-1.6	0.056	
-1.8	0.058	
-2	0.06	
-2.2	0.061	
-2.4	0.062	
-2.6	0.062	
-2.8	0.062	
-3	0.062	
-3.2	0.062	
-3.4	0.061	
-3.6	0.06	
-3.8	0.06	
-4	0.058	
-4.2	0.057	
-4.4	0.056	
-4.6	0.054	
-4.8	0.053	
-5	0.051	
-5.2	0.049	
-5.4	0.047	
-5.6	0.045	
-5.8	0.042	
-6	0.039	
-6.2	0.036	
-6.4	0.034	
-6.6	0.031	
-6.8	0.028	
-7	0.025	
-7.2	0.022	
-7.4	0.02	
-7.6	0.017	
-7.8	0.015	
-8	0.012	
-8.2	0.01	
-8.4	0.008	
-8.6	0.006	
-8.8	0.005	

### Grafico Involuppi Apertura Fessure - Caver



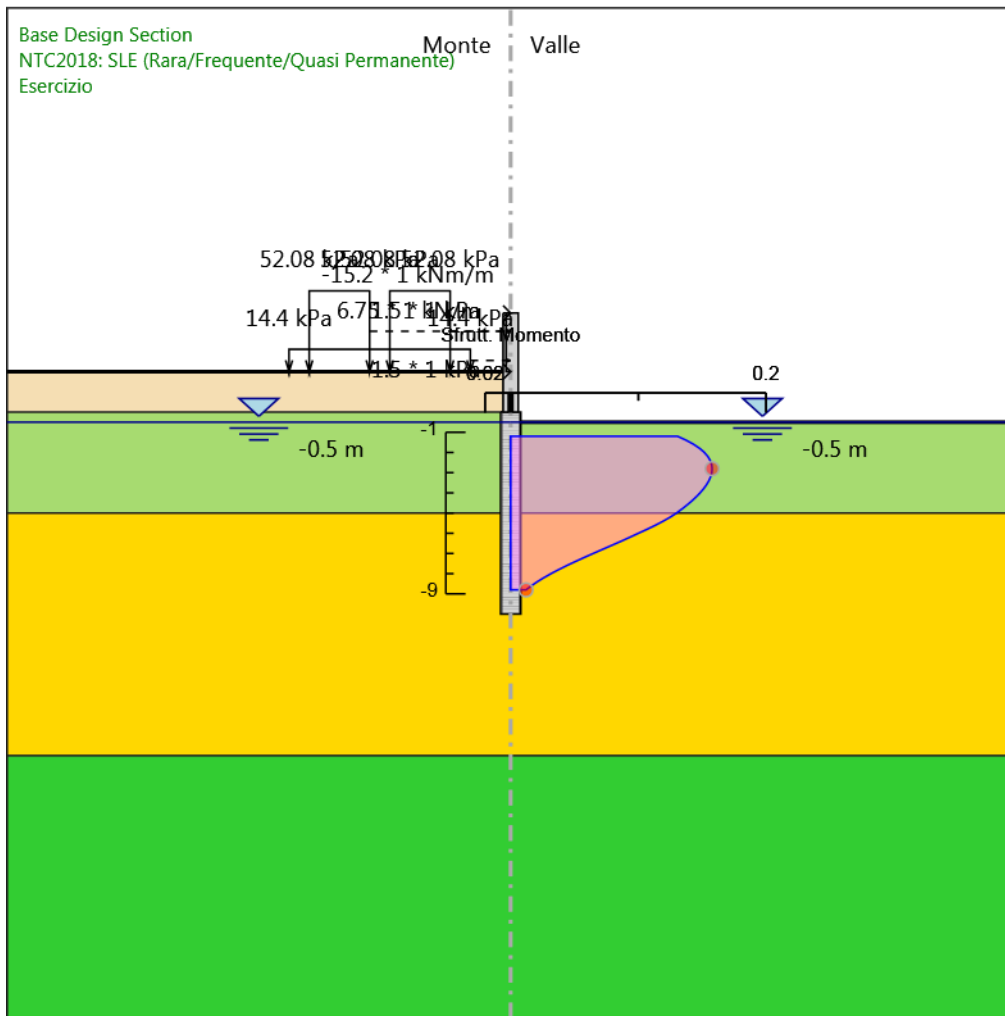
Involuppi  
Apertura Fessure - Caver



### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
-1.2	0.131	
-1.4	0.138	
-1.6	0.143	
-1.8	0.148	
-2	0.152	
-2.2	0.154	
-2.4	0.156	
-2.6	0.157	
-2.8	0.158	
-3	0.157	
-3.2	0.157	
-3.4	0.155	
-3.6	0.153	
-3.8	0.151	
-4	0.148	
-4.2	0.145	
-4.4	0.142	
-4.6	0.138	
-4.8	0.134	
-5	0.13	
-5.2	0.125	
-5.4	0.119	
-5.6	0.113	
-5.8	0.107	
-6	0.1	
-6.2	0.093	
-6.4	0.086	
-6.6	0.079	
-6.8	0.072	
-7	0.065	
-7.2	0.057	
-7.4	0.051	
-7.6	0.044	
-7.8	0.037	
-8	0.031	
-8.2	0.026	
-8.4	0.021	
-8.6	0.016	
-8.8	0.012	

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

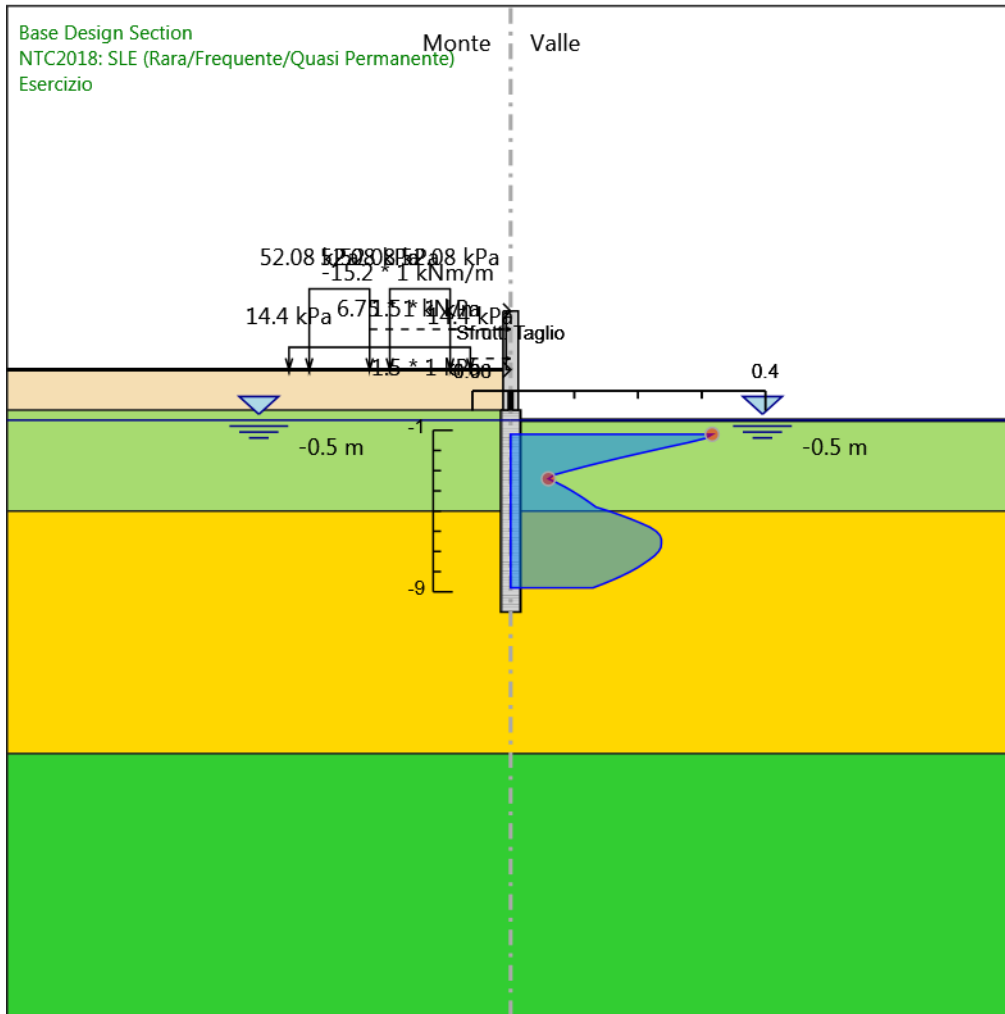


Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-1.2	0.316	
-1.4	0.306	
-1.6	0.28	
-1.8	0.251	
-2	0.222	
-2.2	0.194	
-2.4	0.167	
-2.6	0.141	
-2.8	0.116	
-3	0.092	
-3.2	0.069	
-3.4	0.059	
-3.6	0.073	
-3.8	0.085	
-4	0.096	
-4.2	0.106	
-4.4	0.116	
-4.6	0.125	
-4.8	0.134	
-5	0.154	
-5.2	0.173	
-5.4	0.189	
-5.6	0.205	
-5.8	0.219	
-6	0.229	
-6.2	0.234	
-6.4	0.237	
-6.6	0.237	
-6.8	0.236	
-7	0.232	
-7.2	0.226	
-7.4	0.218	
-7.6	0.209	
-7.8	0.199	
-8	0.188	
-8.2	0.175	
-8.4	0.161	
-8.6	0.145	
-8.8	0.129	

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	133 di 249

## 18.2 ALLEGATO 2: MODELLO PER AZIONI ECCEZIONALI-ZONA CORRENTE



## Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 10 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 24

Diametro : 0.032 m

Distanza dal bordo : 0.088 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 10 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.1 m

Sezione : PALOØ1000

Area equivalente : 0.356999165180658 m

Inerzia equivalente : 0.0223 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

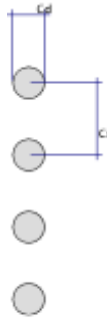
Spaziatura : 2.2 m

Diametro : 1 m

Efficacia : 1

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	136 di 249





Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	137 di 249

X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Muro di sinistra

Armatura      Lunghezza segmenti : 1 m

Sezione : Parete sp.75cm

Area equivalente : 0.75 m

Inerzia equivalente : 0.0352 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C30/37

Tipo sezione : Solid

Spessore : 0.75 m

Efficacia : 1

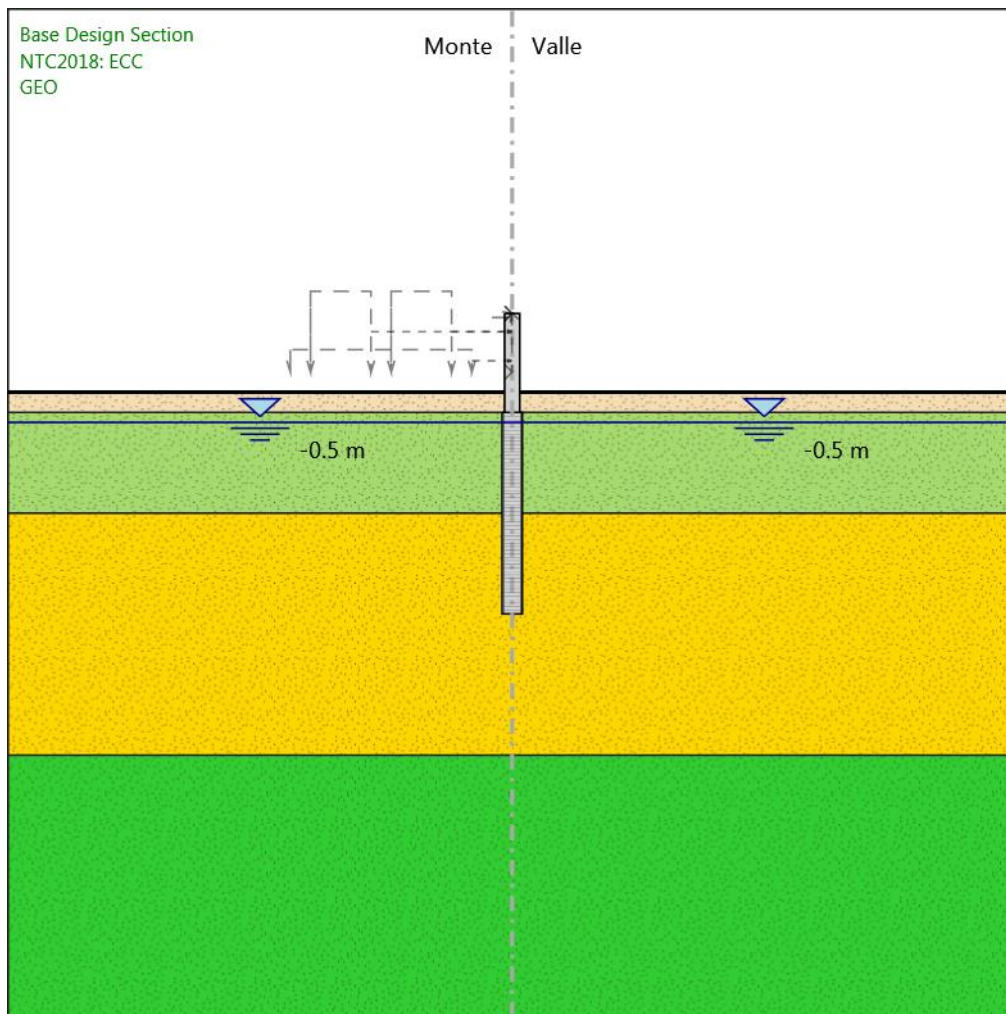
Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	138 di 249



## Fasi di Calcolo

### GEO



GEO

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 1 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	140 di 249

Lato valle : 1 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

1 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

1 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

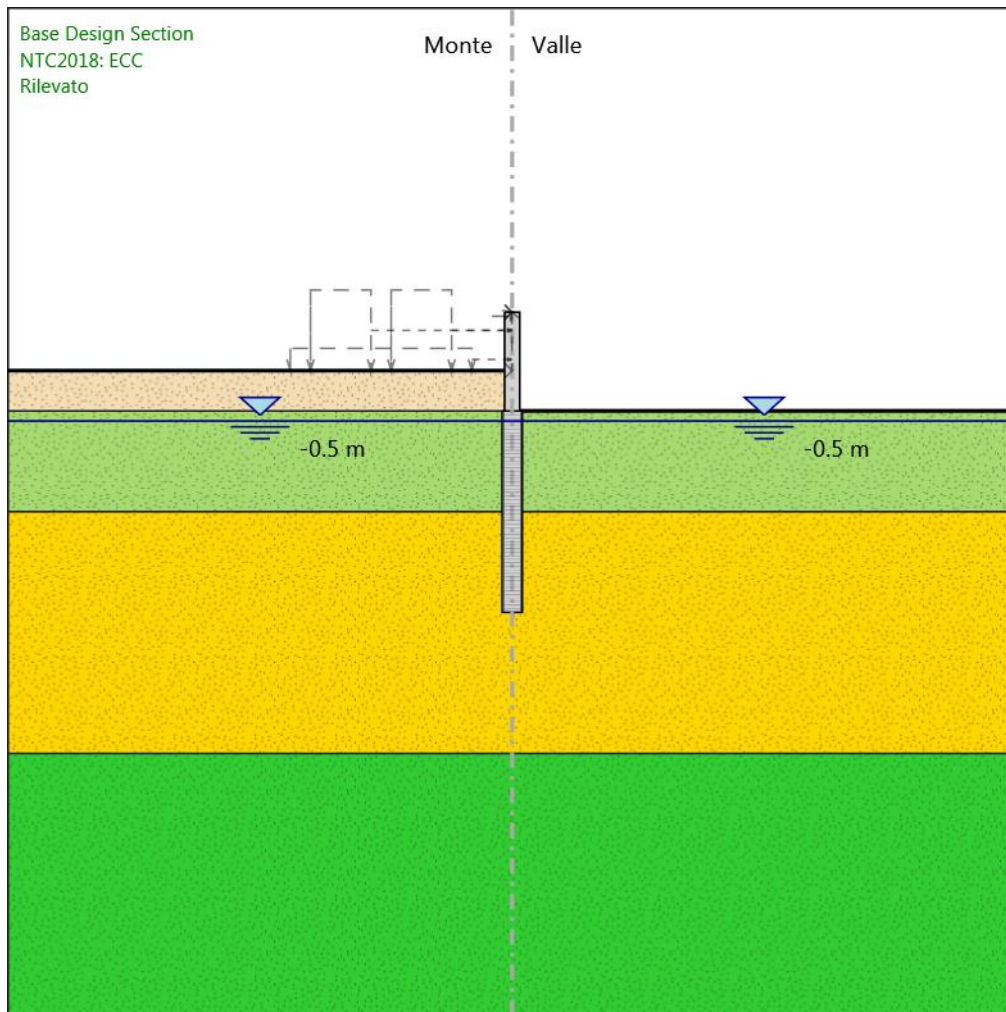
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## Rilevato



Rilevato

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : 0 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	142 di 249

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

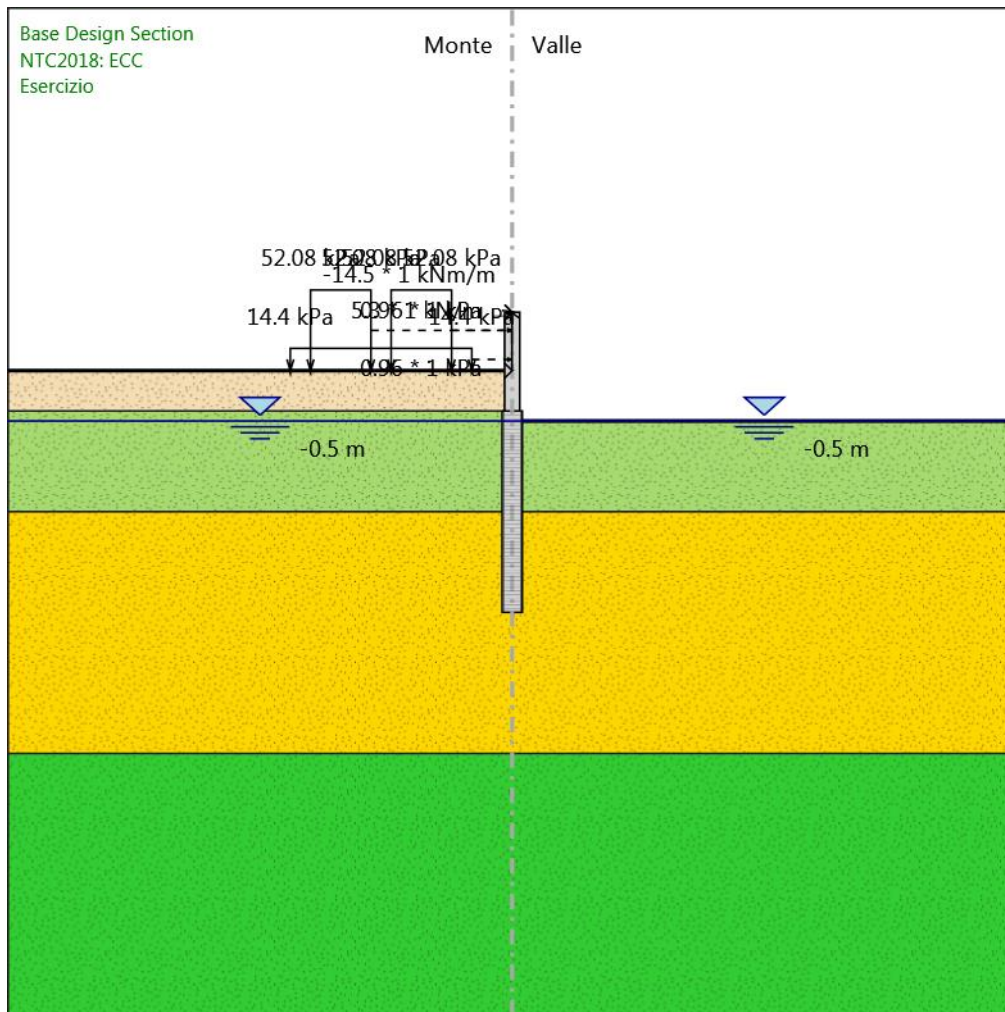
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## Esercizio



Esercizio

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : -0.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-0.5 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

#### Carichi

Carico puntuale alla paratia : VENTO su BA

Quota : 4.9 m

Px : 5.3 kN/m

Pz : 1 kN/m

: -14.5 kNm/m

X : 0 m

Carico lineare sulla paratia : VENTO+PA

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 2 m

Pressione in alto : 0.96 kPa

Pressione in fondo : 0.96 kPa

X : 0 m

Carico lineare in superficie : BALLAST

X iniziale : -11 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

Carico lineare in superficie : LM71 B2

X iniziale : -10 m

X finale : -7 m

Pressione iniziale : 52.08 kPa

Pressione finale : 52.08 kPa

Carico lineare in superficie : LM71 B1

X iniziale : -6 m

X finale : -3 m

Pressione iniziale : 52.08 kPa

Pressione finale : 52.08 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m



Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	145 di 249

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

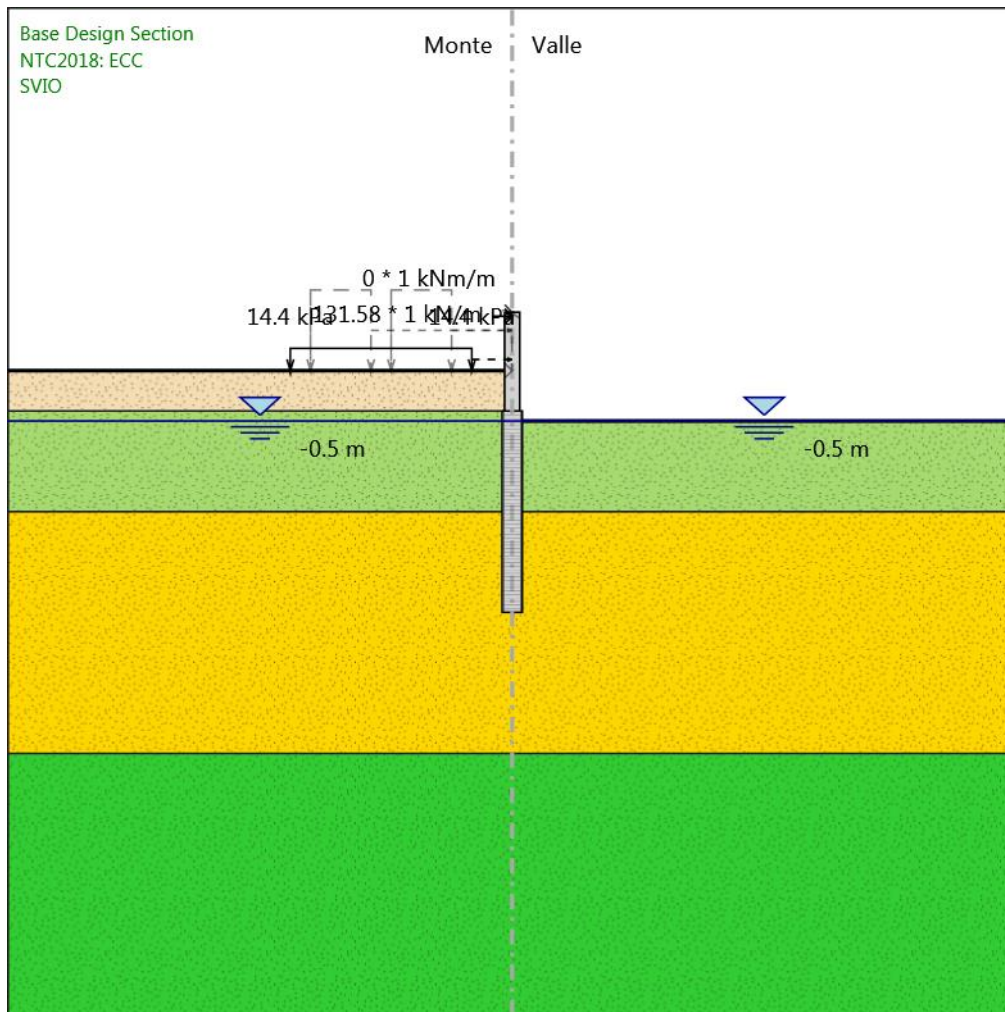
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## SVIO



SVIO

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : -0.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-0.5 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

#### Carichi

Carico puntuale alla paratia : URTO

Quota : 4.7 m

Px : 131.58 kN/m

Pz : 1 kN/m

: 0 kNm/m

X : 0 m

Carico lineare in superficie : BALLAST

X iniziale : -11 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

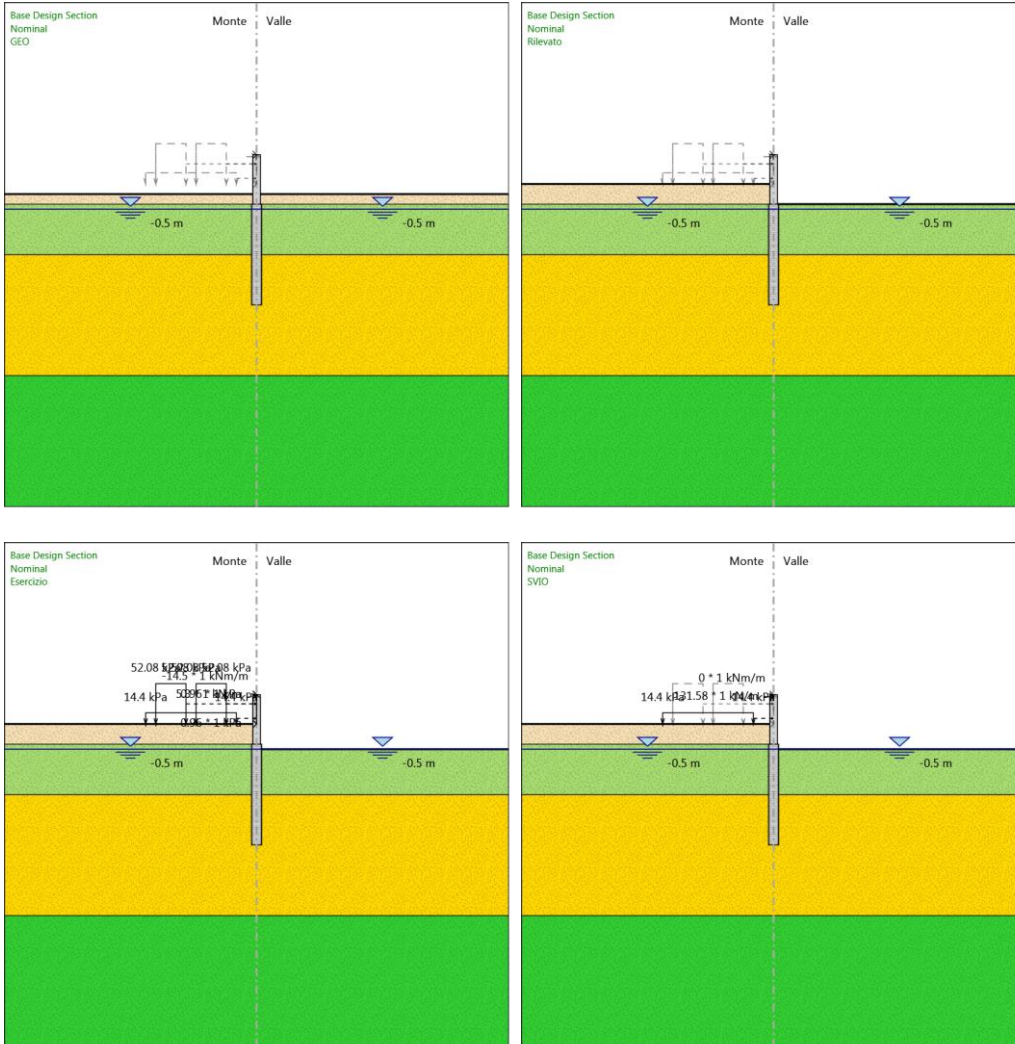
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

### Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carico	Pressio	Pression	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi
	Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Sismico (F_seism_load)	ni	i Acqua Lato Valle (F_WaterDR)	Permane nti Destabiliz zanti (F_UPL_G DStab)	Permane nti Stabilizza zanti (F_UPL_G Stab)	Variabili Destabiliz zanti (F_UPL_Q DStab)	Permanen ti Destabiliz zanti (F_HYD_G DStab)	Permane nti Stabilizza zanti (F_HYD_G Stab)	Variabili Destabiliz zanti (F_HYD_Q DStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: ECC	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_cohe)	Parziale su $S_u$ (F_Su)	Parziale su $q_u$ (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: ECC	1	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: ECC	1	1	1	1

***Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)***

## Tabella Inviluppi Momento PALO

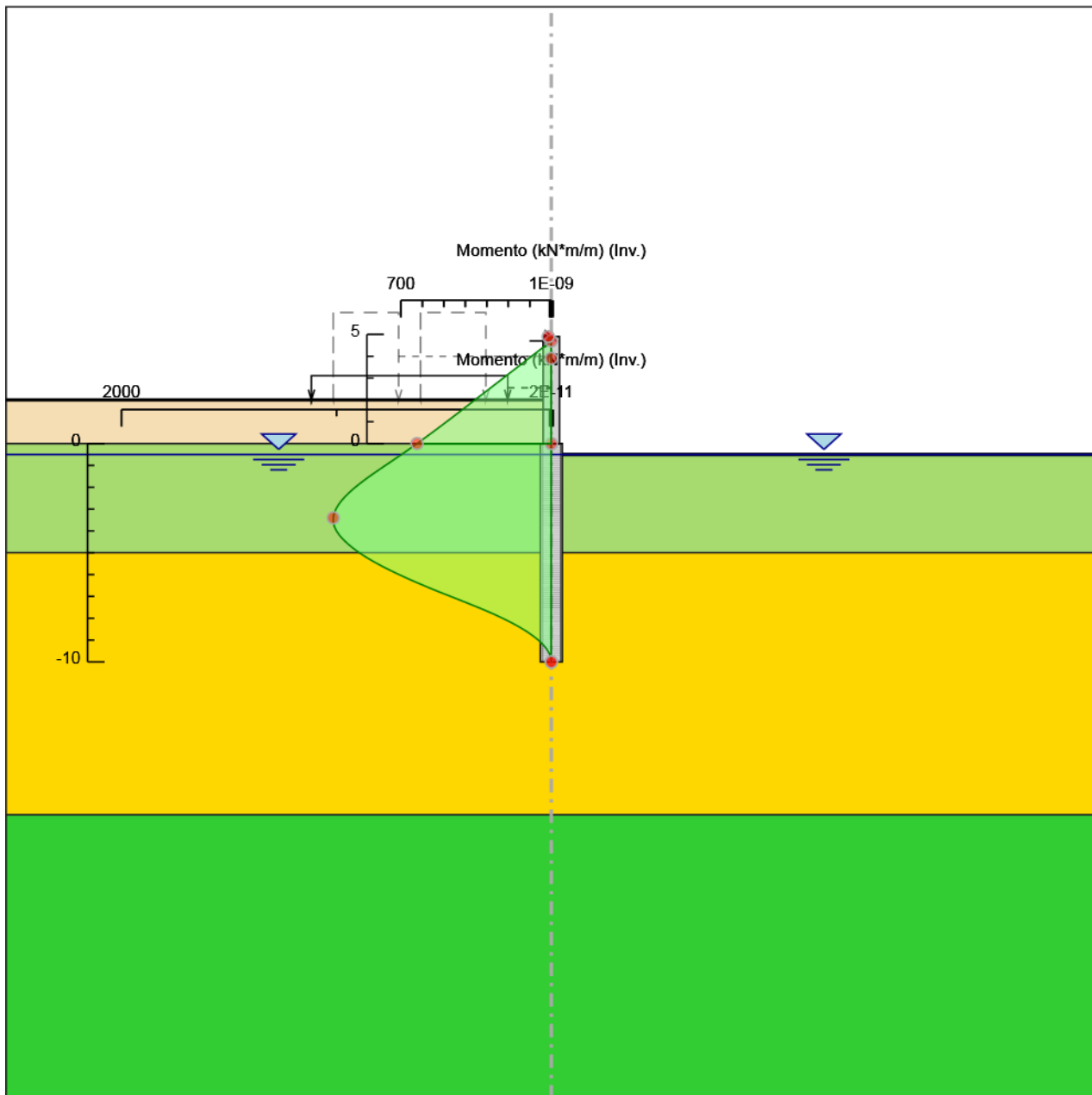
Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: PALO
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	624.945	0
-0.2	653.481	0
-0.4	682.552	0
-0.6	712.204	0
-0.8	742.289	0
-1	772.458	0
-1.2	802.369	0
-1.4	831.675	0
-1.6	860.028	0
-1.8	887.082	0
-2	912.489	0
-2.2	935.902	0
-2.4	956.975	0
-2.6	975.358	0
-2.8	990.704	0
-3	1002.666	0
-3.2	1010.894	0
-3.4	1015.041	0
-3.6	1014.757	0
-3.8	1009.694	0
-4	999.917	0
-4.2	985.825	0
-4.4	967.8	0
-4.6	946.201	0
-4.8	921.37	0
-5	893.628	0
-5.2	862.462	0
-5.4	828.153	0
-5.6	790.965	0
-5.8	751.146	0
-6	708.925	0
-6.2	664.514	0
-6.4	618.108	0
-6.6	569.893	0
-6.8	520.037	0
-7	468.943	0
-7.2	417.35	0
-7.4	366.361	0
-7.6	317.03	0
-7.8	270.268	0
-8	226.542	0
-8.2	186.062	0
-8.4	149.032	0
-8.6	115.647	0
-8.8	86.103	0
-9	60.588	0
-9.2	39.293	0
-9.4	22.401	0
-9.6	10.099	0
-9.8	2.571	0
-10	0	0

## Tabella Inviluppi Momento Parete

Z (m)	Muro: Parete	
	Inviluppi: Momento Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
4.9	14.5	0
4.7	15.58	0
4.5	26.32	0
4.3	52.64	0
4.1	78.96	0
3.9	105.28	0
3.7	131.6	0
3.5	157.92	0
3.3	184.24	0
3.1	210.56	0
2.9	236.88	0
2.7	263.2	0
2.5	289.52	0
2.3	315.84	0
2.1	342.16	0
1.9	368.48	0
1.7	394.819	0
1.5	421.215	0
1.3	447.707	0
1.1	474.333	0
0.9	501.133	0
0.7	528.146	0
0.5	555.411	0
0.3	582.969	0
0.1	610.86	0
0	624.945	0



## Grafico Involuppi Momento





RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	154 di 249

Momento

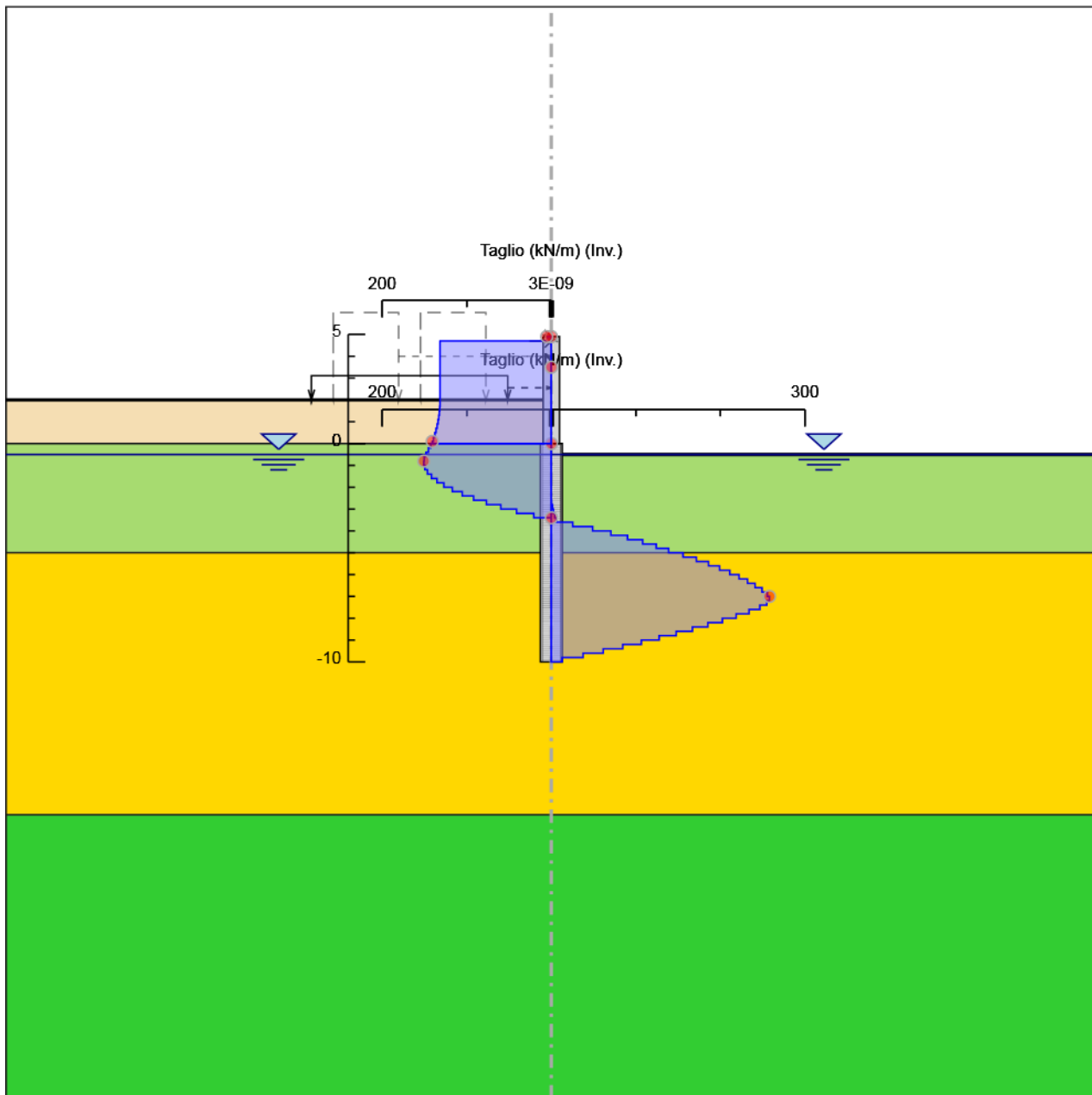
## Tabella Inviluppi Taglio PALO

Z (m)	Design Assumption: Nominal Inviluppi: Taglio Muro: PALO	
	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	142.68	0
-0.2	145.353	0
-0.4	148.264	0
-0.6	150.423	0
-0.8	150.848	0
-1	150.848	0
-1.2	149.554	0
-1.4	146.528	0
-1.6	141.767	0
-1.8	135.269	0
-2	127.033	0
-2.2	117.068	0
-2.4	105.363	0
-2.6	91.917	0.339
-2.8	76.73	1.437
-3	59.807	2.493
-3.2	41.142	4.024
-3.4	20.733	5.714
-3.6	0	25.313
-3.8	0	48.888
-4	0	70.458
-4.2	0	90.126
-4.4	0	107.994
-4.6	0	124.154
-4.8	0	138.708
-5	0	155.834
-5.2	0	171.546
-5.4	0	185.938
-5.6	0	199.094
-5.8	0	211.106
-6	0	222.058
-6.2	0	232.026
-6.4	0	241.076
-6.6	0	249.283
-6.8	0	255.47
-7	0	257.964
-7.2	0	257.964
-7.4	0	254.946
-7.6	0	246.654
-7.8	0	233.813
-8	0	218.627
-8.2	0	202.398
-8.4	0	185.154
-8.6	0	166.923
-8.8	0	147.723
-9	0	127.571
-9.2	0	106.479
-9.4	0	84.457
-9.6	0	61.51
-9.8	0	37.642
-10	0	12.854

## Tabella Inviluppi Taglio Parete

Z (m)	Design Assumption: Nominal Inviluppi: Taglio Muro: Parete	
	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
4.9	5.398	0
4.7	131.6	0
4.5	131.6	0
4.3	131.6	0
4.1	131.6	0
3.9	131.6	0
3.7	131.6	0
3.5	131.6	0
3.3	131.6	0
3.1	131.6	0
2.9	131.6	0
2.7	131.6	0
2.5	131.6	0
2.3	131.6	0
2.1	131.6	0
1.9	131.695	0
1.7	131.981	0
1.5	132.459	0
1.3	133.131	0
1.1	133.998	0
0.9	135.063	0
0.7	136.327	0
0.5	137.79	0
0.3	139.454	0
0.1	140.852	0
0	140.852	0

## Grafico Inviluppi Taglio





**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	158 di 249

Taglio

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	159 di 249

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
			%
NTC2018: ECC	GEO Left Wall	LEFT	16.33
NTC2018: ECC	SVIO Left Wall	RIGHT	46.94

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: ECC	Esercizio	Left Wall	LEFT	114.27
NTC2018: ECC	GEO	Left Wall	RIGHT	173.25



## ***Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali***

### **Normative Verifiche**

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.8
$\gamma_s$	1.15

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	162 di 249

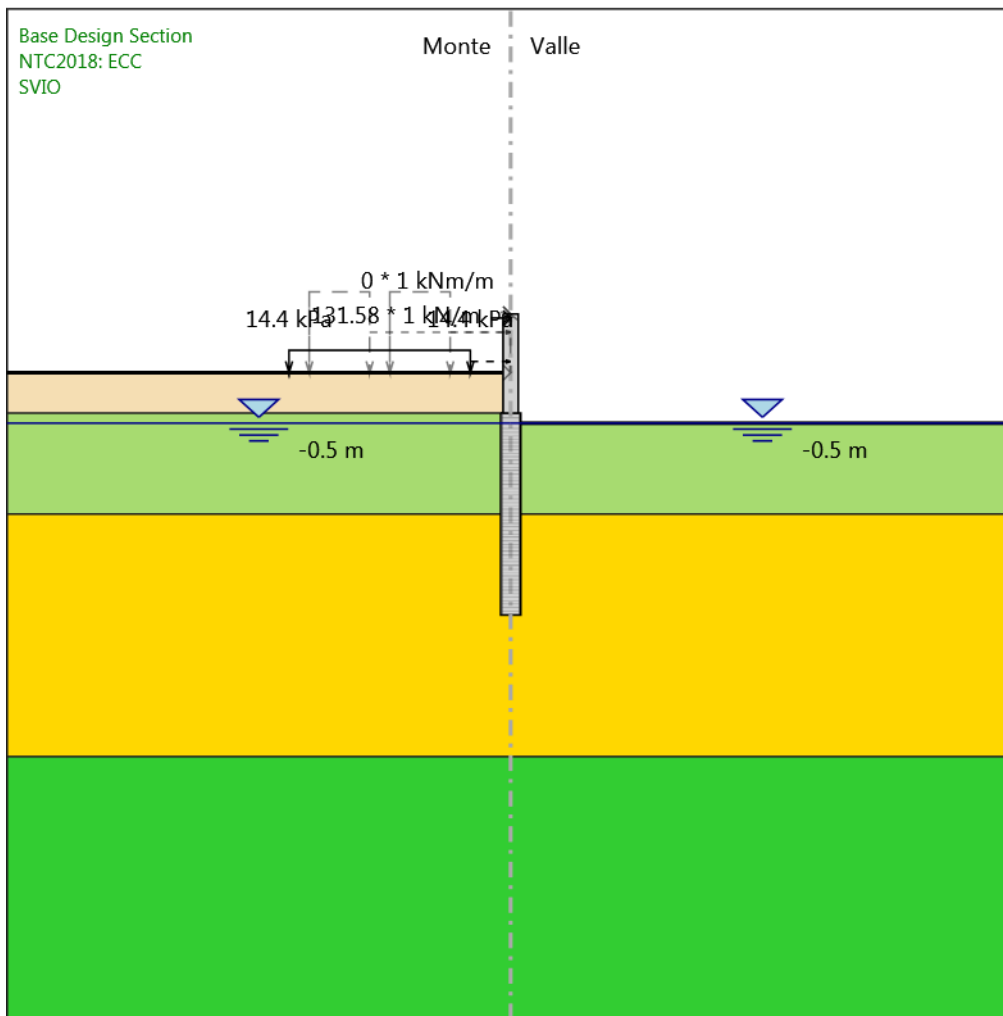
## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

### Design Assumption GEO Rilevato Esercizio SVIO

NTC2018: ECC    V    V    V    V

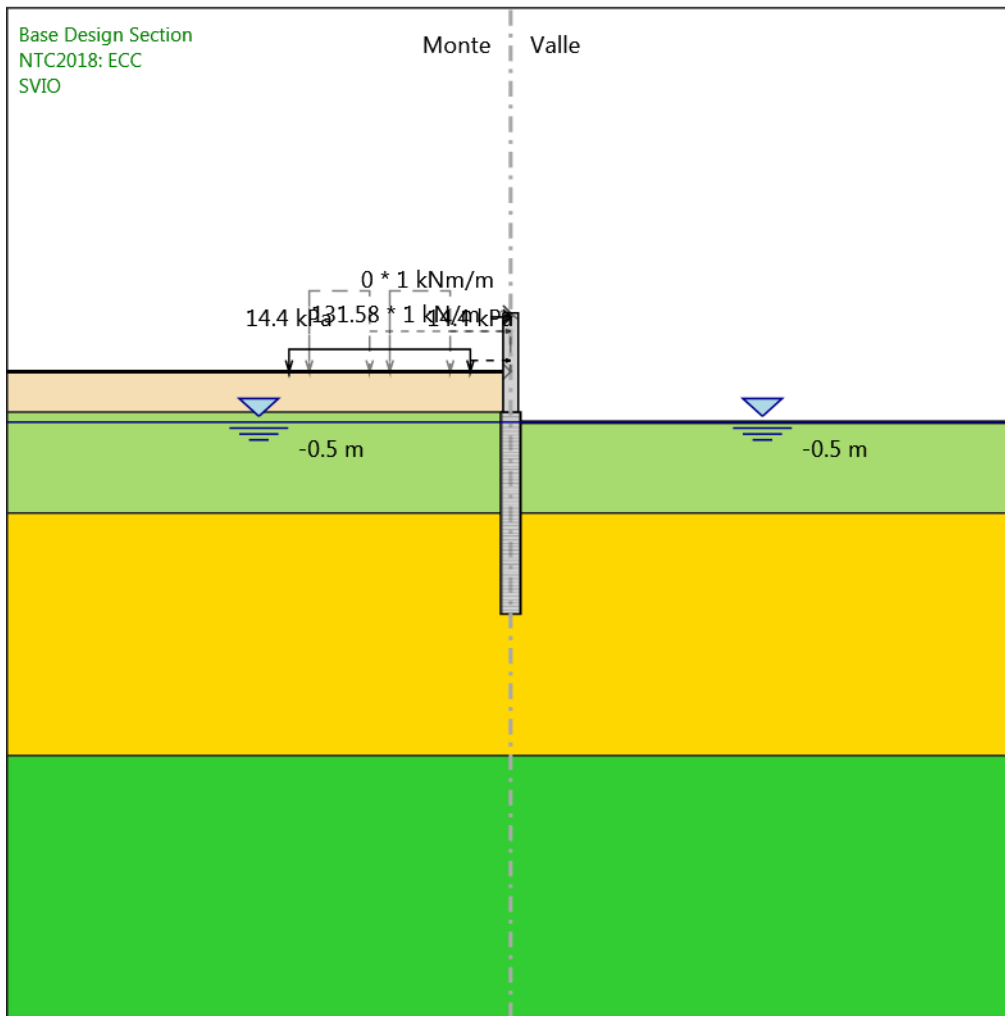
## Risultati Caver

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver



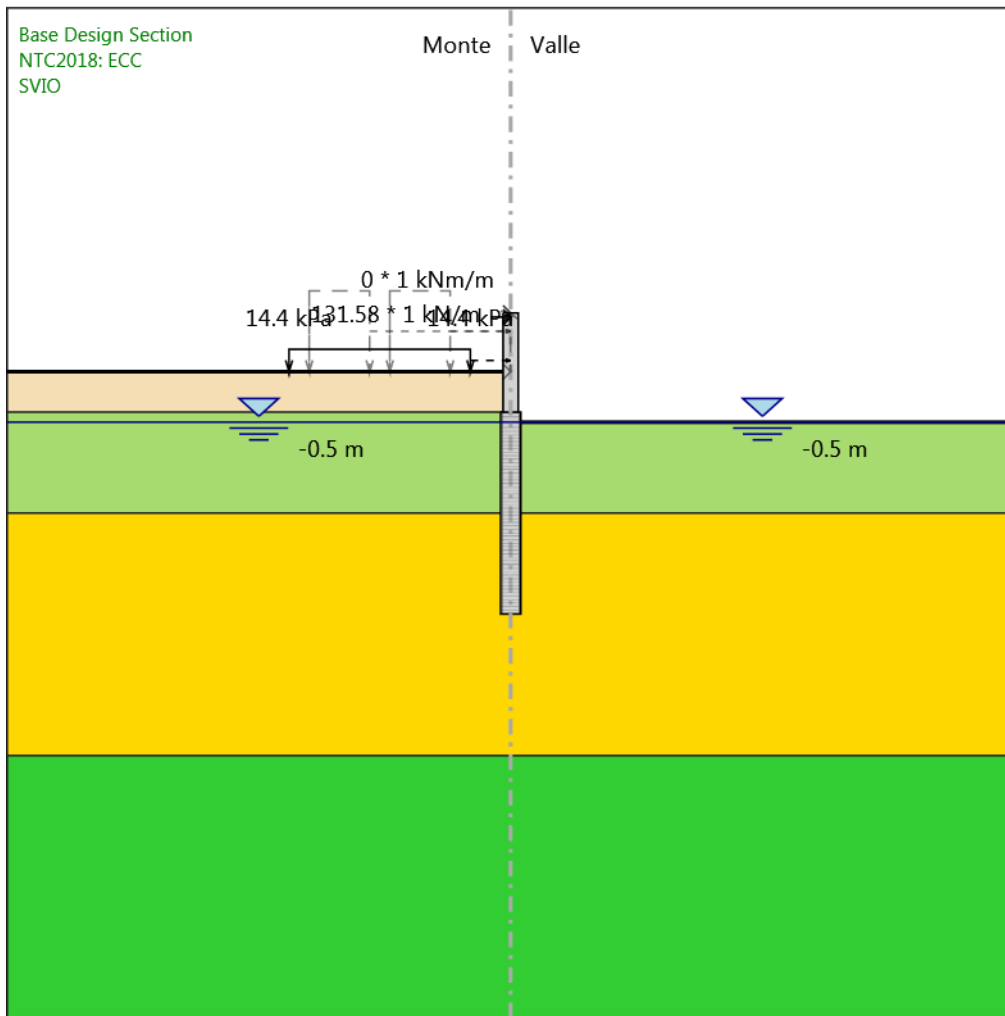
Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Armature - Cover

### Grafico Involuppi Apertura Fessure - Caver

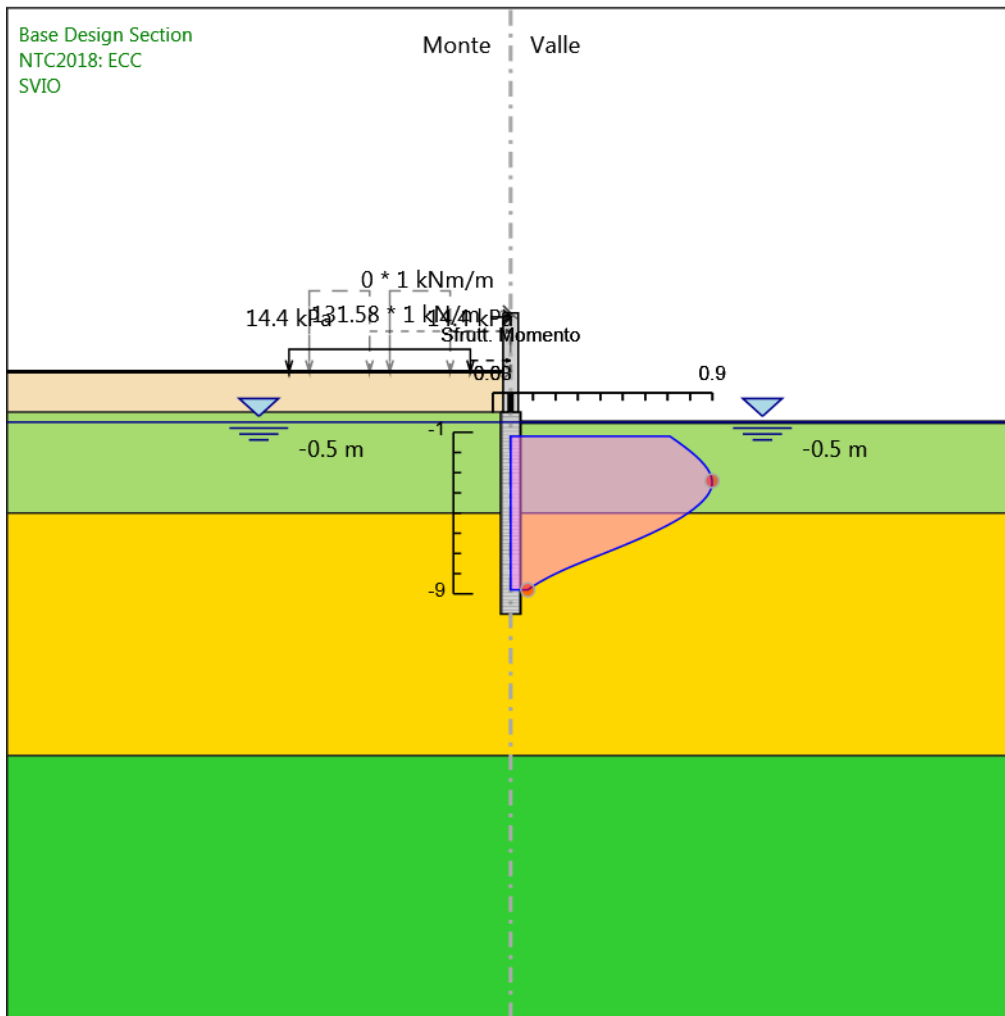


Involuppi  
Apertura Fessure - Caver

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
-1.2	0.71	
-1.4	0.736	
-1.6	0.761	
-1.8	0.785	
-2	0.808	
-2.2	0.828	
-2.4	0.847	
-2.6	0.863	
-2.8	0.877	
-3	0.887	
-3.2	0.895	
-3.4	0.898	
-3.6	0.898	
-3.8	0.894	
-4	0.885	
-4.2	0.873	
-4.4	0.857	
-4.6	0.837	
-4.8	0.815	
-5	0.791	
-5.2	0.763	
-5.4	0.733	
-5.6	0.7	
-5.8	0.665	
-6	0.627	
-6.2	0.588	
-6.4	0.547	
-6.6	0.504	
-6.8	0.46	
-7	0.415	
-7.2	0.369	
-7.4	0.324	
-7.6	0.281	
-7.8	0.239	
-8	0.201	
-8.2	0.165	
-8.4	0.132	
-8.6	0.102	
-8.8	0.076	

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver



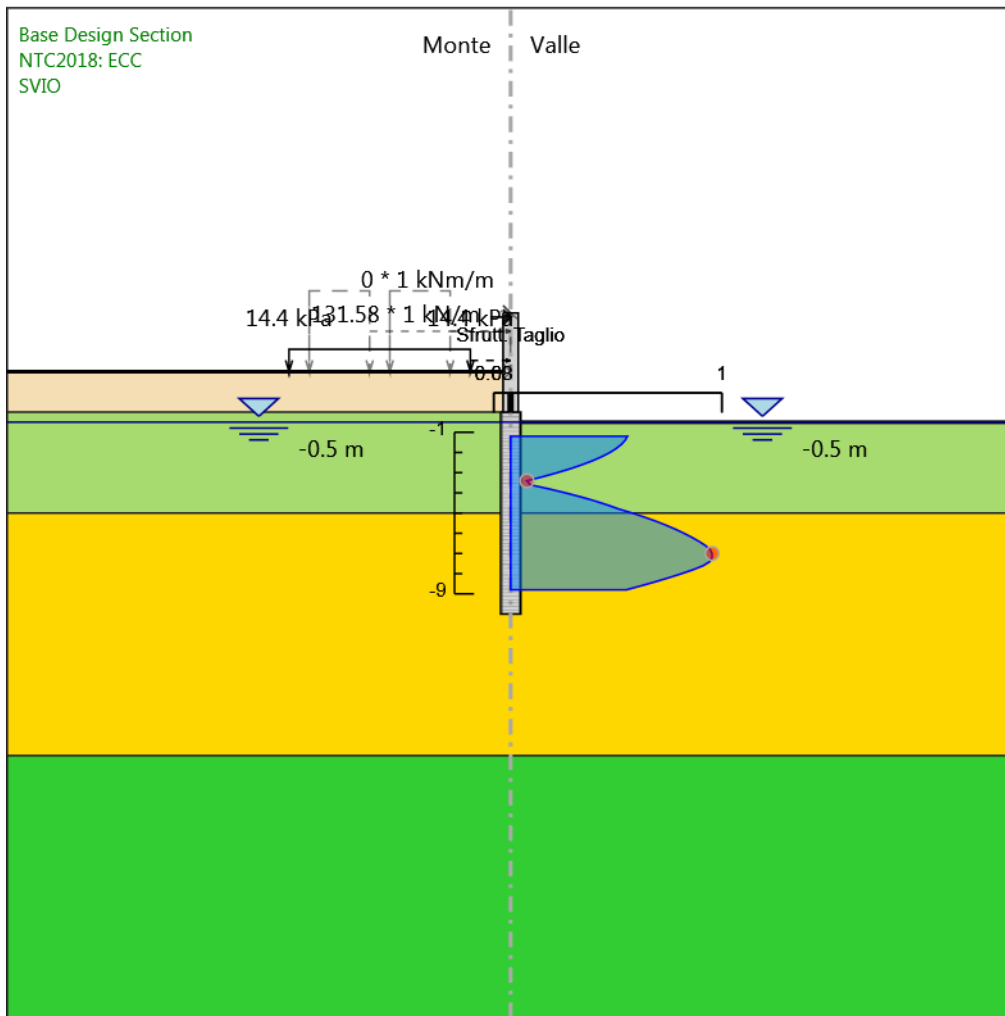
Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-1.2	0.553	
-1.4	0.542	
-1.6	0.524	
-1.8	0.5	
-2	0.47	
-2.2	0.433	
-2.4	0.39	
-2.6	0.34	
-2.8	0.284	
-3	0.221	
-3.2	0.152	
-3.4	0.077	
-3.6	0.094	
-3.8	0.181	
-4	0.26	
-4.2	0.333	
-4.4	0.399	
-4.6	0.459	
-4.8	0.513	
-5	0.576	
-5.2	0.634	
-5.4	0.687	
-5.6	0.736	
-5.8	0.78	
-6	0.821	
-6.2	0.858	
-6.4	0.891	
-6.6	0.922	
-6.8	0.945	
-7	0.954	
-7.2	0.954	
-7.4	0.943	
-7.6	0.912	
-7.8	0.864	
-8	0.808	
-8.2	0.748	
-8.4	0.685	
-8.6	0.617	
-8.8	0.546	



### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	170 di 249

### 18.3 ALLEGATO 3: MODELLO PER COMBINAZIONI SLU/SLE-ZONA BORDO



## Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 10 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 24

Diametro : 0.032 m

Distanza dal bordo : 0.088 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 10 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.15 m

Sezione : PALOØ1000

Area equivalente : 0.654498469497874 m

Inerzia equivalente : 0.0409 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

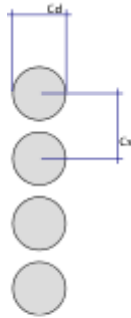
Spaziatura : 1.2 m

Diametro : 1 m

Efficacia : 1

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	173 di 249



Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	174 di 249

X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Muro di sinistra

Armatura      Lunghezza segmenti : 1 m

Sezione : Parete sp.75cm

Area equivalente : 0.75 m

Inerzia equivalente : 0.0352 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C30/37

Tipo sezione : Solid

Spessore : 0.75 m

Efficacia : 1

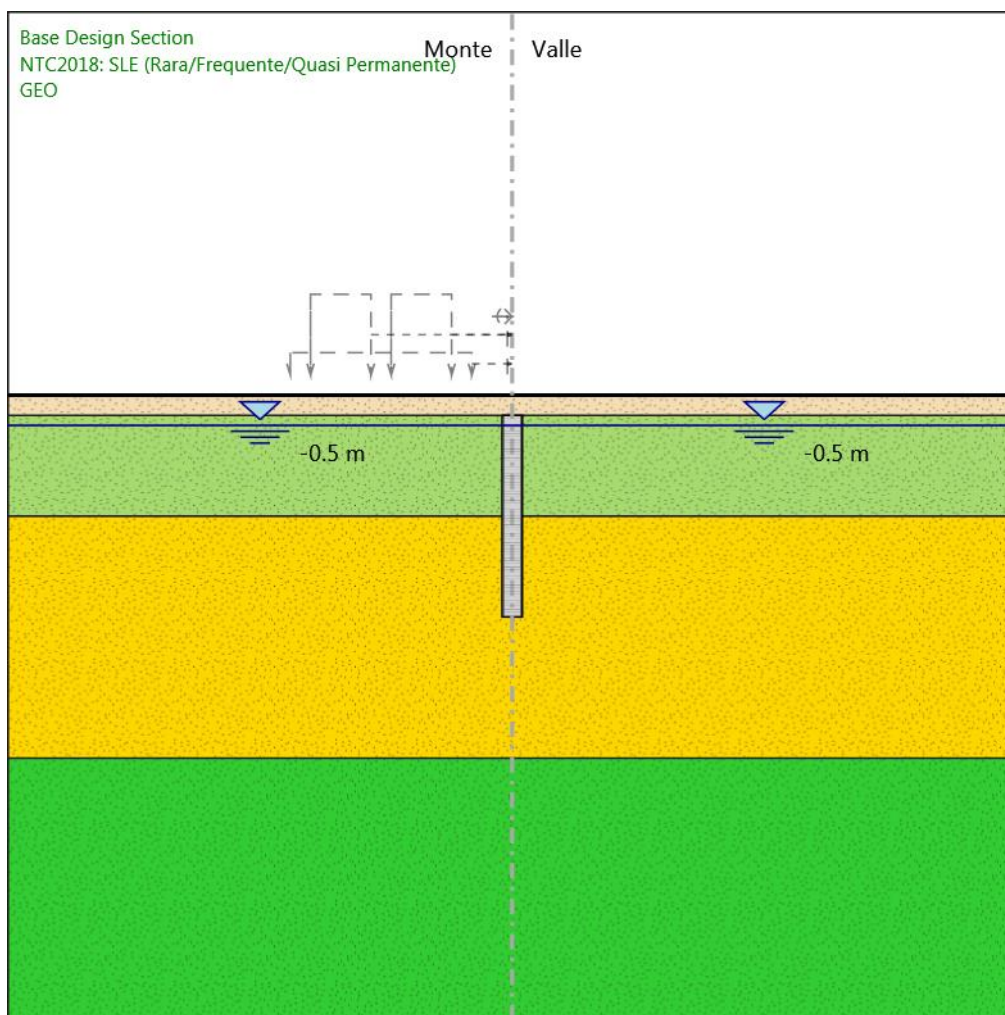
Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	175 di 249



## Fasi di Calcolo

### GEO



GEO

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 1 m



Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	177 di 249

Lato valle : 1 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

1 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

1 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

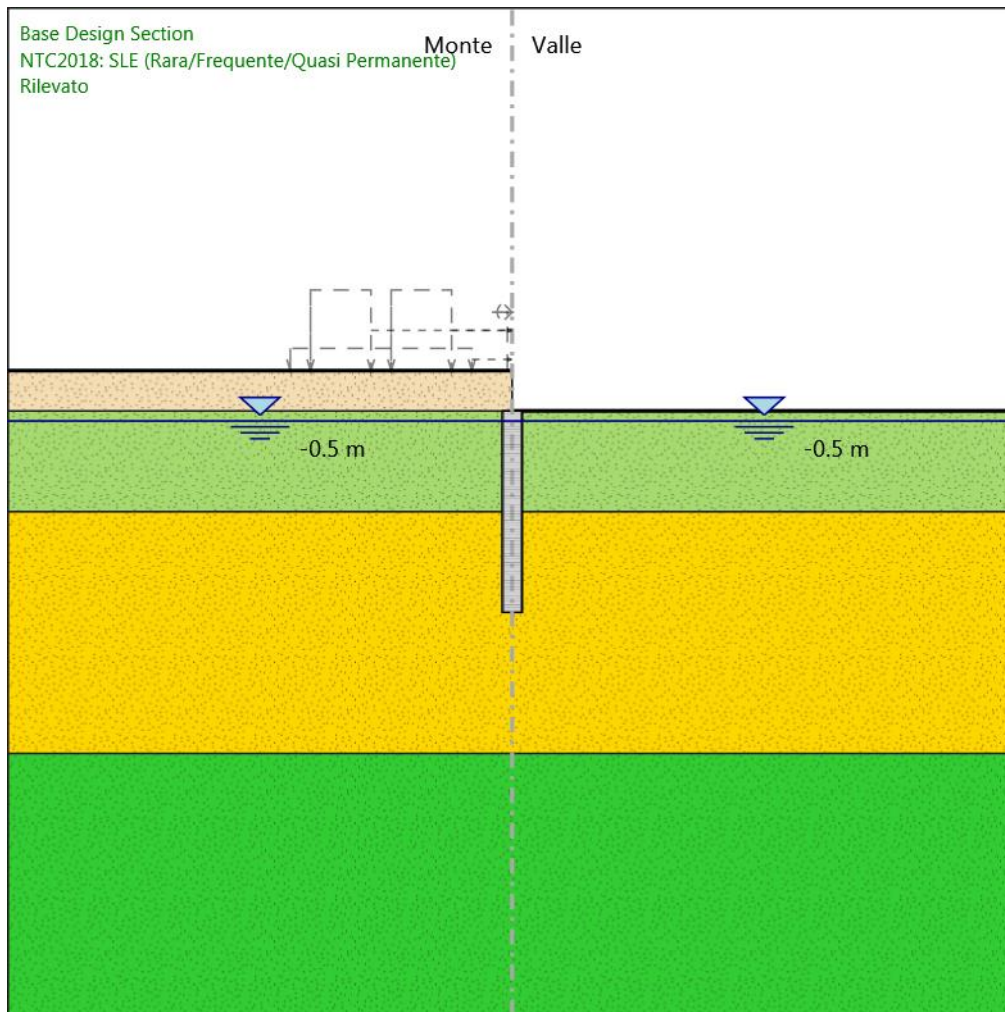
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## Rilevato



Rilevato

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : 0 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	179 di 249

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

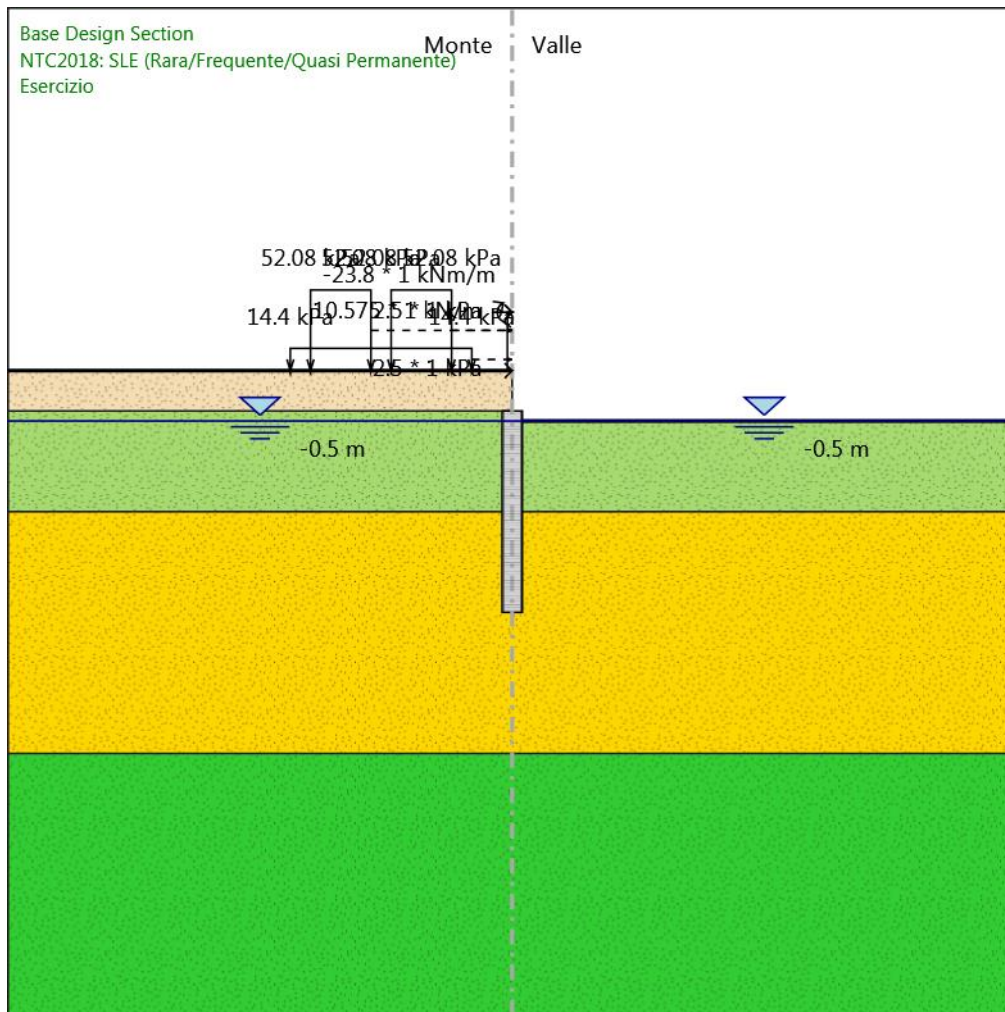
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## Esercizio



Esercizio

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : -0.5 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	181 di 249

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-0.5 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

#### Carichi

Carico puntuale alla paratia : VENTO su BA

Quota : 4.9 m

Px : 10.575 kN/m

Pz : 1 kN/m

: -23.8 kNm/m

X : 0 m

Carico lineare sulla paratia : VENTO+PA

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 2 m

Pressione in alto : 2.5 kPa

Pressione in fondo : 2.5 kPa

X : 0 m

Carico lineare in superficie : BALLAST

X iniziale : -11 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

Carico lineare in superficie : LM71 B2

X iniziale : -10 m

X finale : -7 m

Pressione iniziale : 52.08 kPa

Pressione finale : 52.08 kPa

Carico lineare in superficie : LM71 B1

X iniziale : -6 m

X finale : -3 m

Pressione iniziale : 52.08 kPa

Pressione finale : 52.08 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	182 di 249

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

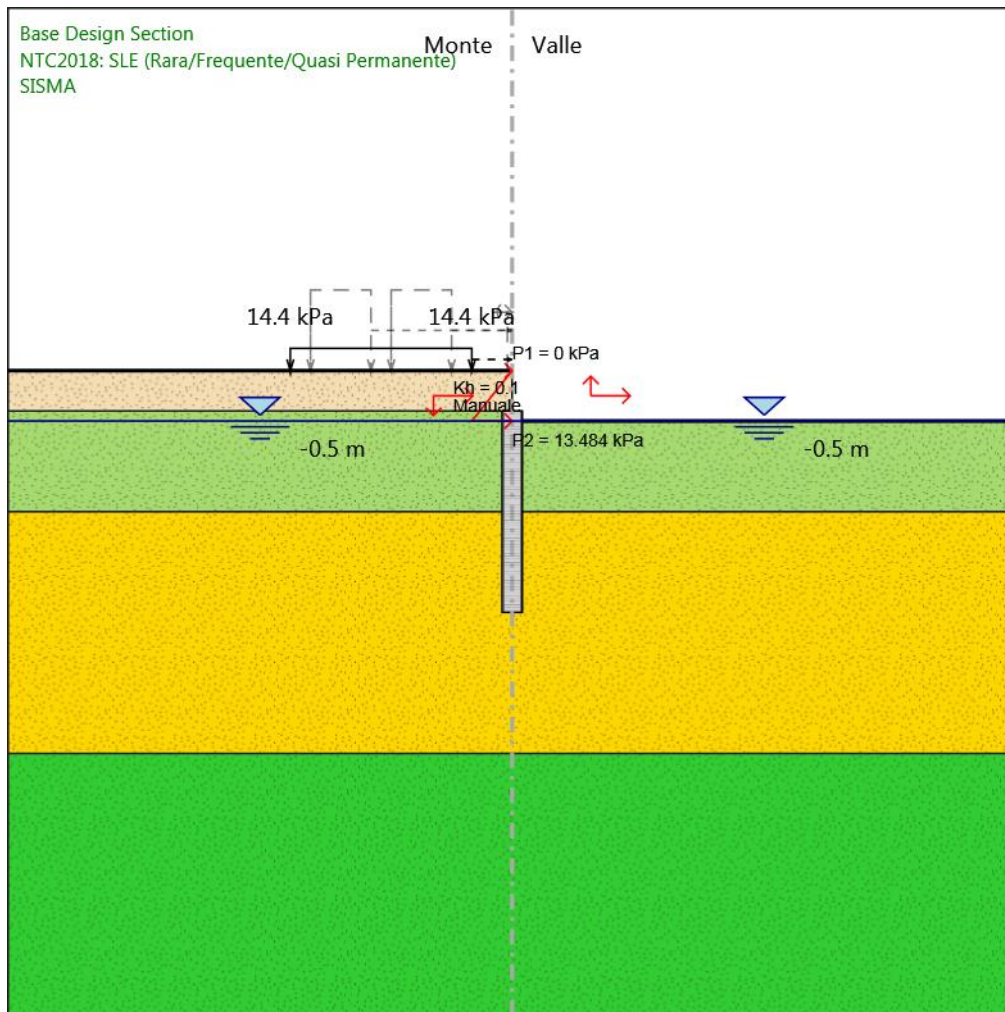
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## SISMA



SISMA

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : -0.5 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	184 di 249

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-0.5 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : BALLAST

X iniziale : -11 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

X : 0 m

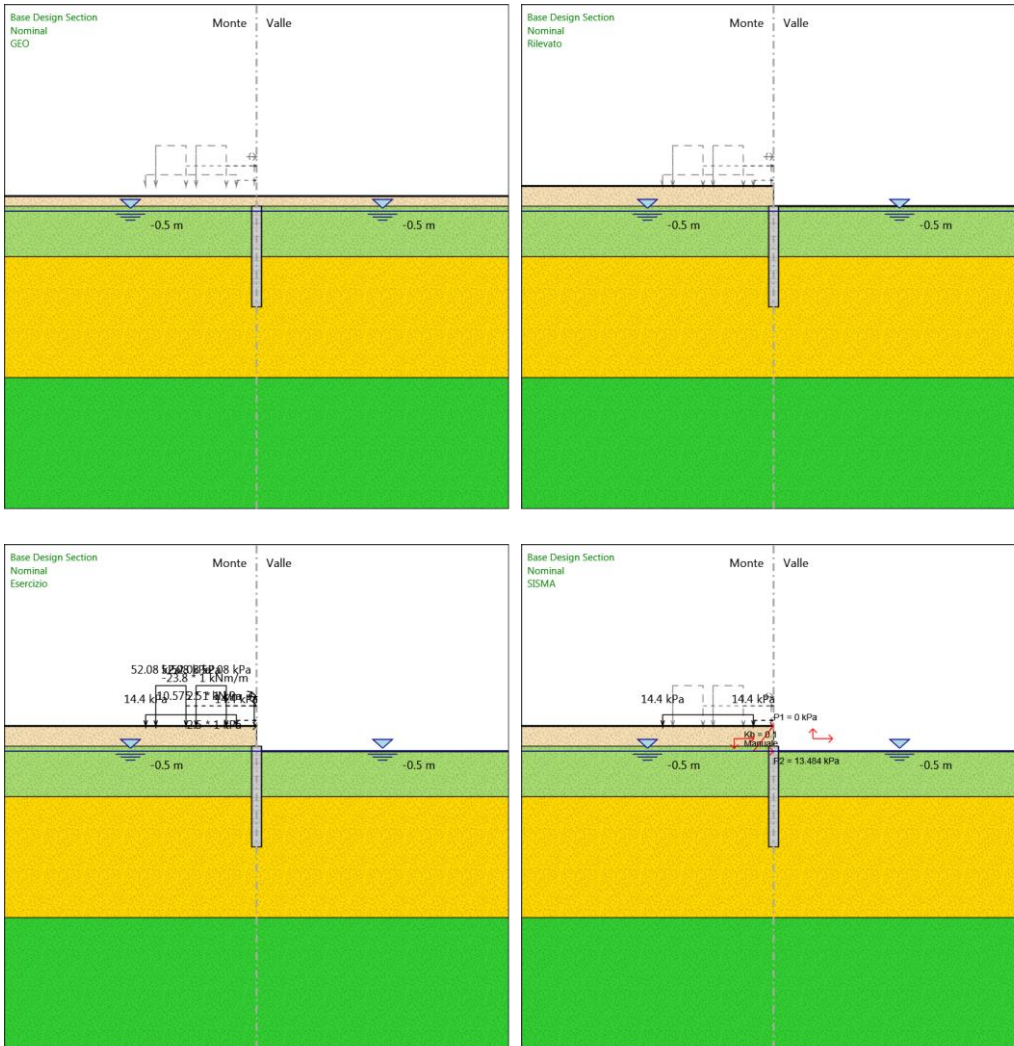
Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm



### Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load _unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_loa d_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_ unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_ _favour)	Carico Sismico (F_seism _load)	Pressio ni Acqua Lato Monte (F_Wat erDR)	Pressio ni Acqua Lato Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_G DStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_UPL_ GStab)	Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_UPL_Q DStab)	Carichi Permane nti Destabiliz zanti (F_HYD_ GStab)	Carichi Permane nti Stabilizz anti (F_HYD_ GStab)	Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_HYD_ QDStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.35	1	1.45	1	0	1.3	1	1	1	1	1.35	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Freque nte/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Nome	Parziale su tan( $\phi'$ ) (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanententi (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1

## Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

### Tabella Inviluppi Spostamento Left Wall

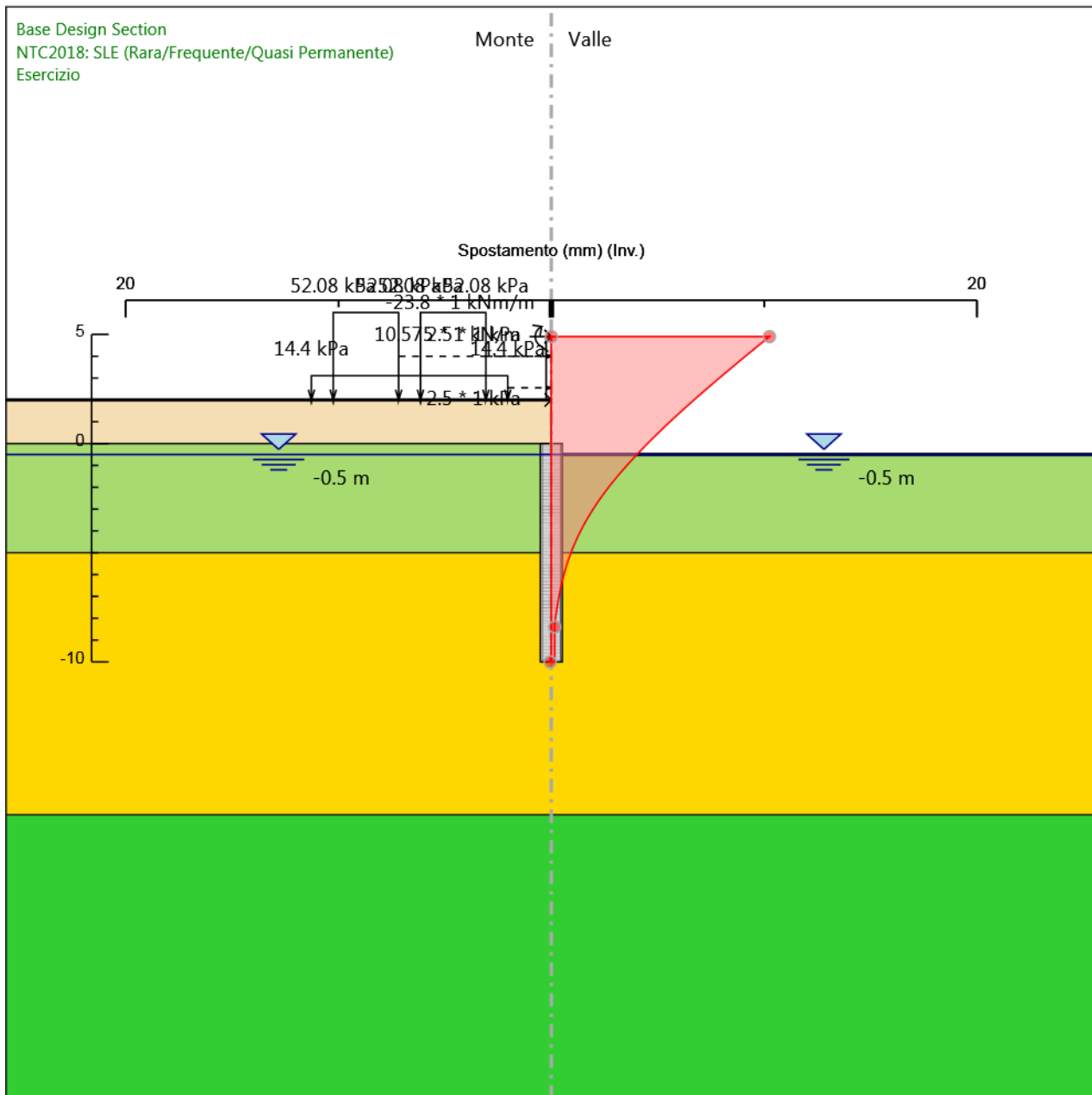
Design Assumption: Nominal Inviluppi: Spostamento			Muro: LEFT
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)	
4.9	0	10.247	
4.7	0	9.994	
4.5	0	9.742	
4.3	0	9.491	
4.1	0	9.241	
3.9	0	8.993	
3.7	0	8.745	
3.5	0	8.499	
3.3	0	8.254	
3.1	0	8.011	
2.9	0	7.769	
2.7	0	7.529	
2.5	0	7.291	
2.3	0	7.055	
2.1	0	6.821	
1.9	0	6.589	
1.7	0	6.359	
1.5	0	6.132	
1.3	0	5.908	
1.1	0	5.686	
0.9	0	5.466	
0.7	0	5.25	
0.5	0	5.037	
0.3	0	4.827	
0.1	0	4.621	
0	0	4.519	
-0.2	0	4.318	
-0.4	0	4.121	
-0.6	0	3.927	
-0.8	0	3.737	
-1	0	3.551	
-1.2	0	3.37	
-1.4	0	3.193	
-1.6	0	3.021	
-1.8	0	2.854	
-2	0	2.693	
-2.2	0	2.536	
-2.4	0	2.385	
-2.6	0	2.24	
-2.8	0	2.1	
-3	0	1.966	
-3.2	0	1.837	
-3.4	0	1.714	
-3.6	0	1.596	
-3.8	0	1.484	
-4	0	1.378	
-4.2	0	1.276	
-4.4	0	1.181	
-4.6	0	1.09	
-4.8	0	1.005	
-5	0	0.924	

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	188 di 249

Design Assumption: Nominal Involuppi: Spostamento			Muro: LEFT
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)	
-5.2	0	0.849	
-5.4	0	0.778	
-5.6	0	0.712	
-5.8	0	0.65	
-6	0	0.593	
-6.2	0	0.539	
-6.4	0	0.489	
-6.6	0	0.443	
-6.8	0	0.4	
-7	0	0.36	
-7.2	0	0.322	
-7.4	0	0.287	
-7.6	0	0.255	
-7.8	0	0.223	
-8	0	0.194	
-8.2	0	0.166	
-8.4	0	0.16	
-8.6	0	0.16	
-8.8	0	0.16	
-9	0	0.16	
-9.2	0	0.161	
-9.4	0	0.161	
-9.6	-0.01	0.161	
-9.8	-0.034	0.162	
-10	-0.058	0.162	

## Grafico Inviluppi Spostamento





**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	190 di 249

Spostamento

## Tabella Inviluppi Momento PALO

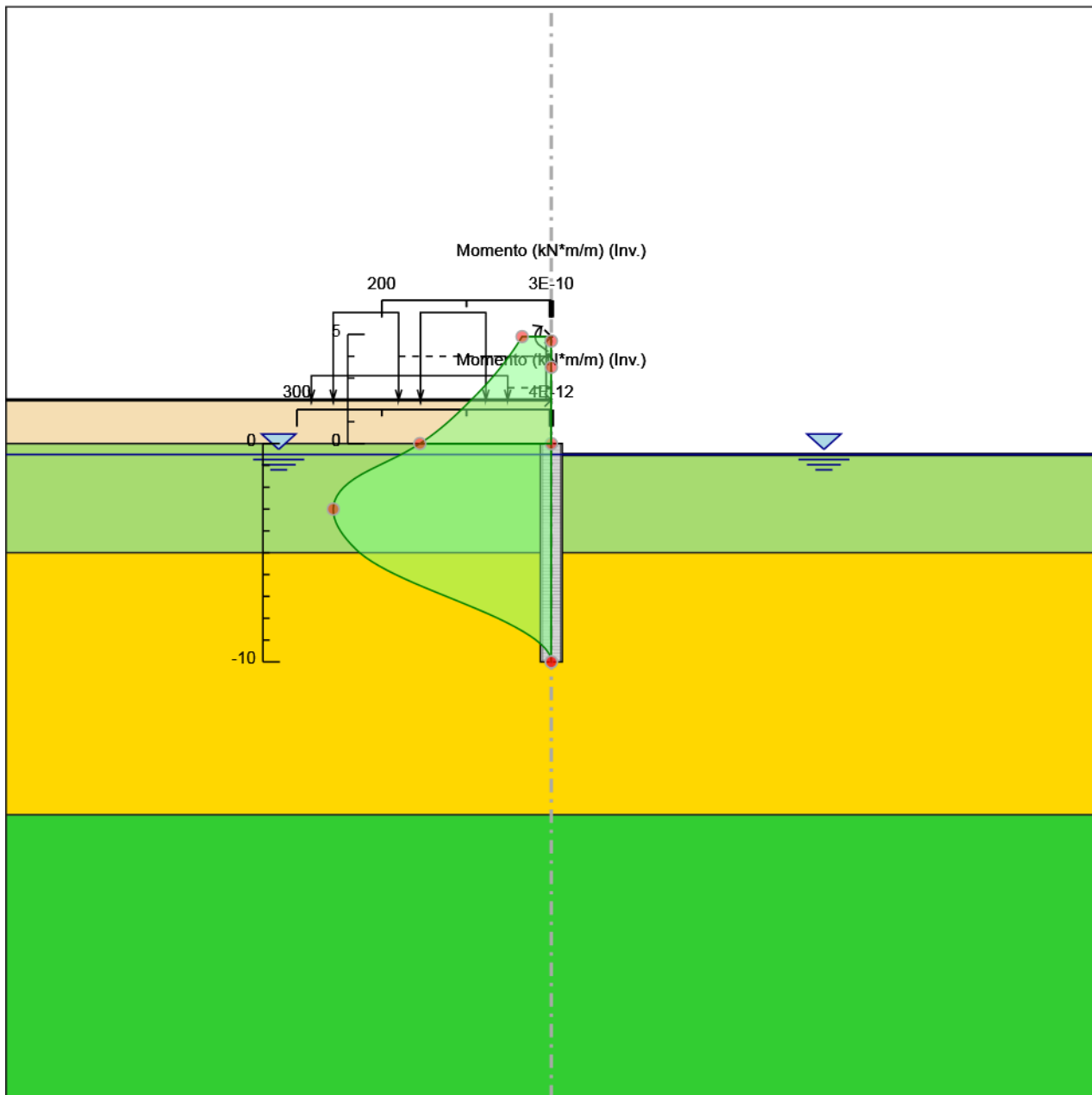
Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: PALO
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	155.036	0
-0.2	163.296	0
-0.4	172.319	0
-0.6	182.177	0
-0.8	192.675	0
-1	203.353	0
-1.2	213.756	0
-1.4	223.424	0
-1.6	231.895	0
-1.8	238.98	0
-2	244.767	0
-2.2	249.349	0
-2.4	252.804	0
-2.6	255.215	0
-2.8	256.656	0
-3	257.199	0
-3.2	256.912	0
-3.4	255.859	0
-3.6	254.1	0
-3.8	251.693	0
-4	248.688	0
-4.2	245.135	0
-4.4	241.063	0
-4.6	236.501	0
-4.8	231.476	0
-5	226.011	0
-5.2	219.42	0
-5.4	211.796	0
-5.6	203.226	0
-5.8	193.788	0
-6	183.554	0
-6.2	172.602	0
-6.4	161	0
-6.6	148.87	0
-6.8	136.394	0
-7	123.738	0
-7.2	111.061	0
-7.4	98.51	0
-7.6	86.224	0
-7.8	74.333	0
-8	62.959	0
-8.2	52.457	0
-8.4	42.611	0
-8.6	33.511	0
-8.8	25.271	0
-9	18.002	0
-9.2	11.815	0
-9.4	6.816	0
-9.6	3.111	0
-9.8	0.804	0
-10	0	0

## Tabella Inviluppi Momento Parete

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: Parete
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
4.9	34.506	0
4.7	37.647	0
4.5	40.936	0
4.3	44.372	0
4.1	47.955	0
3.9	51.687	0
3.7	55.566	0
3.5	59.592	0
3.3	63.766	0
3.1	68.088	0
2.9	72.557	0
2.7	77.174	0
2.5	81.938	0
2.3	86.85	0
2.1	91.91	0
1.9	97.079	0
1.7	102.274	0
1.5	107.547	0
1.3	112.949	0
1.1	118.535	0
0.9	124.358	0
0.7	130.476	0
0.5	136.944	0
0.3	143.821	0
0.1	151.166	0
0	155.036	0



## Grafico Inviluppi Momento





**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	194 di 249

Momento

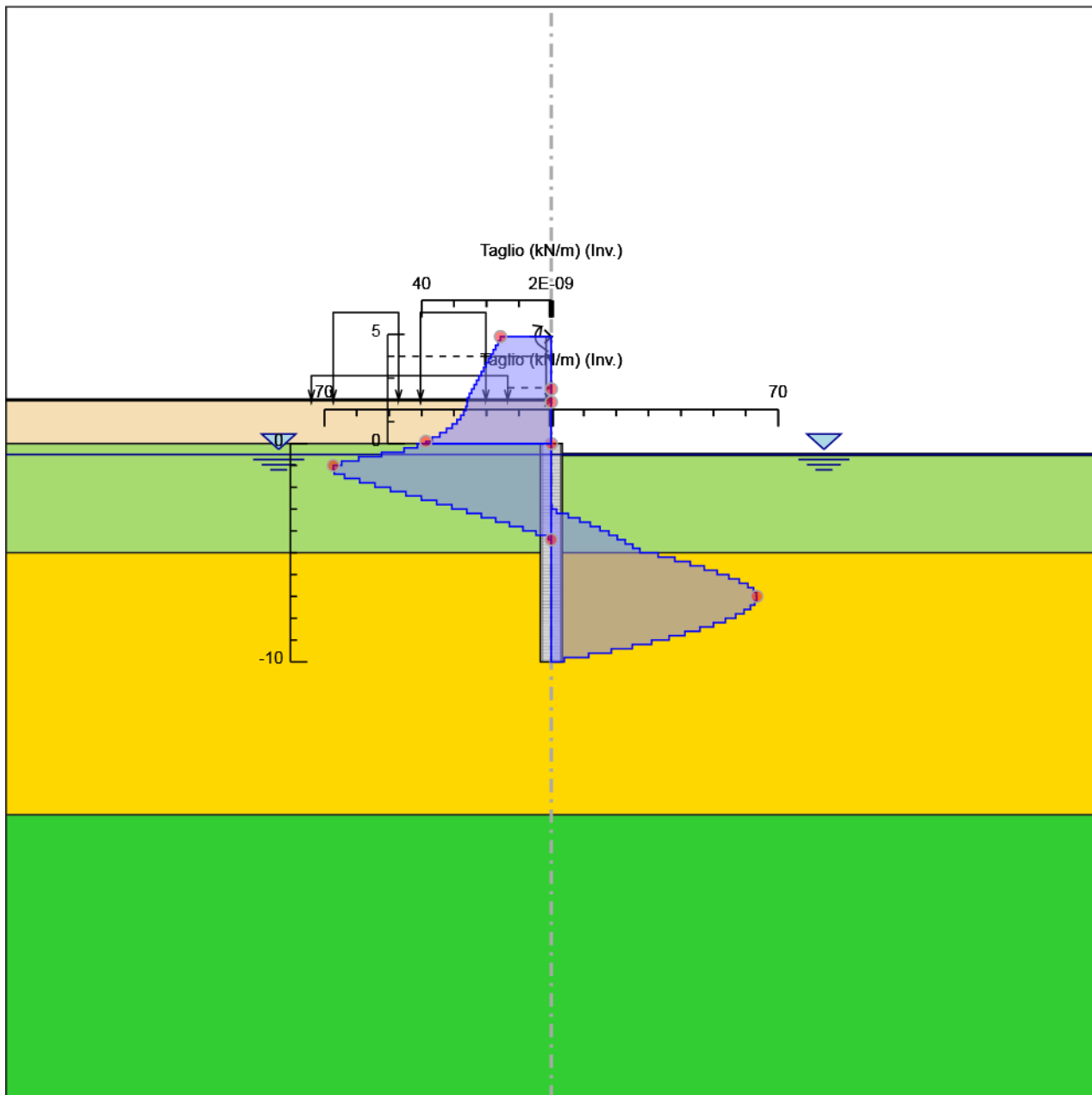
## Tabella Inviluppi Taglio PALO

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: PALO
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	41.299	0
-0.2	45.414	0
-0.4	52.358	0
-0.6	59.408	0
-0.8	64.67	0
-1	67.277	0
-1.2	67.277	0
-1.4	66.964	0
-1.6	63.78	0
-1.8	59.131	0
-2	54.401	0
-2.2	49.637	0
-2.4	44.854	0
-2.6	40.081	0
-2.8	35.342	0.162
-3	30.669	1.617
-3.2	26.071	5.265
-3.4	21.564	8.792
-3.6	17.163	12.039
-3.8	12.888	15.021
-4	8.741	17.767
-4.2	4.732	20.359
-4.4	0.86	22.81
-4.6	0	25.125
-4.8	0	27.327
-5	0	32.955
-5.2	0	38.118
-5.4	0	42.854
-5.6	0	47.19
-5.8	0	51.168
-6	0	54.759
-6.2	0	58.011
-6.4	0	60.65
-6.6	0	62.383
-6.8	0	63.278
-7	0	63.385
-7.2	0	63.385
-7.4	0	62.753
-7.6	0	61.431
-7.8	0	59.457
-8	0	56.867
-8.2	0	53.699
-8.4	0	50.012
-8.6	0	45.832
-8.8	0	41.202
-9	0	36.343
-9.2	0	30.935
-9.4	0	24.995
-9.6	0	18.527
-9.8	0	11.535
-10	0	4.019

## Tabella Inviluppi Taglio Parete

Z (m)	Design Assumption: Nominal Inviluppi: Taglio Muro: Parete	
	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
4.9	15.705	0
4.7	16.443	0
4.5	17.181	0
4.3	17.919	0
4.1	18.657	0
3.9	19.394	0
3.7	20.132	0
3.5	20.87	0
3.3	21.608	0
3.1	22.346	0
2.9	23.084	0
2.7	23.822	0
2.5	24.56	0
2.3	25.298	0
2.1	25.848	0
1.9	25.976	0
1.7	26.363	0
1.5	27.012	0
1.3	27.928	0
1.1	29.117	0
0.9	30.586	0
0.7	32.34	0
0.5	34.385	0
0.3	36.726	0
0.1	38.706	0
0	38.706	0

## Grafico Inviluppi Taglio





RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	198 di 249

Taglio

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	199 di 249

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: SISMICA STR GEO		Left Wall	LEFT	16.33
NTC2018: SISMICA STR SISMA		Left Wall	RIGHT	39.17

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Esercizio	Left Wall	LEFT	115.42
NTC2018: SISMICA STR	GEO	Left Wall	RIGHT	173.25



Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	201 di 249

## ***Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali***

### **Normative Verifiche**

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.8
$\gamma_s$	1.15

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	202 di 249

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	GEO Rilevato Esercizio SISMA			
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	

## Risultati Caver

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver : LEFT

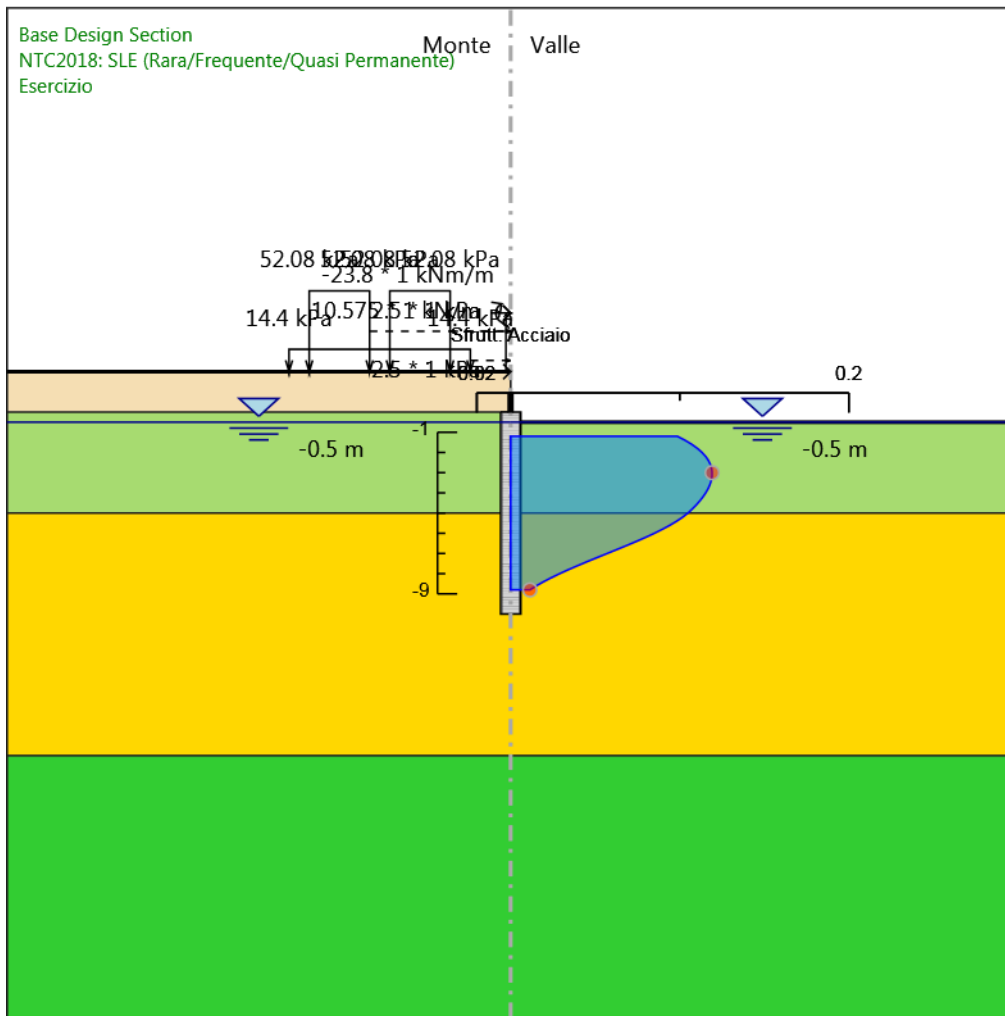
Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-1.2	0.183	
-1.4	0.191	
-1.6	0.199	
-1.8	0.205	
-2	0.21	
-2.2	0.214	
-2.4	0.217	
-2.6	0.219	
-2.8	0.22	
-3	0.221	
-3.2	0.221	
-3.4	0.22	
-3.6	0.218	
-3.8	0.216	
-4	0.214	
-4.2	0.211	
-4.4	0.207	
-4.6	0.203	
-4.8	0.199	
-5	0.194	
-5.2	0.189	
-5.4	0.182	
-5.6	0.175	
-5.8	0.166	
-6	0.158	
-6.2	0.148	
-6.4	0.138	
-6.6	0.127	
-6.8	0.117	
-7	0.106	
-7.2	0.095	
-7.4	0.084	
-7.6	0.073	
-7.8	0.063	
-8	0.054	
-8.2	0.044	
-8.4	0.036	
-8.6	0.028	
-8.8	0.021	



### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver
-1.2	0.099
-1.4	0.103
-1.6	0.107
-1.8	0.11
-2	0.113
-2.2	0.115
-2.4	0.117
-2.6	0.118
-2.8	0.119
-3	0.119
-3.2	0.119
-3.4	0.119
-3.6	0.118
-3.8	0.117
-4	0.115
-4.2	0.114
-4.4	0.112
-4.6	0.11
-4.8	0.107
-5	0.105
-5.2	0.102
-5.4	0.098
-5.6	0.094
-5.8	0.09
-6	0.085
-6.2	0.08
-6.4	0.074
-6.6	0.069
-6.8	0.063
-7	0.057
-7.2	0.051
-7.4	0.045
-7.6	0.04
-7.8	0.034
-8	0.029
-8.2	0.024
-8.4	0.019
-8.6	0.015
-8.8	0.011

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Armature - Cover

### Tabella Inviluppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Inviluppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-1.2	0.04	
-1.4	0.042	
-1.6	0.044	
-1.8	0.045	
-2	0.046	
-2.2	0.047	
-2.4	0.048	
-2.6	0.048	
-2.8	0.049	
-3	0.049	
-3.2	0.049	
-3.4	0.048	
-3.6	0.048	
-3.8	0.048	
-4	0.047	
-4.2	0.046	
-4.4	0.046	
-4.6	0.045	
-4.8	0.044	
-5	0.043	
-5.2	0.042	
-5.4	0.04	
-5.6	0.038	
-5.8	0.037	
-6	0.035	
-6.2	0.033	
-6.4	0.03	
-6.6	0.028	
-6.8	0.026	
-7	0.023	
-7.2	0.021	
-7.4	0.018	
-7.6	0.016	
-7.8	0.014	
-8	0.012	
-8.2	0.01	
-8.4	0.008	
-8.6	0.006	
-8.8	0.005	

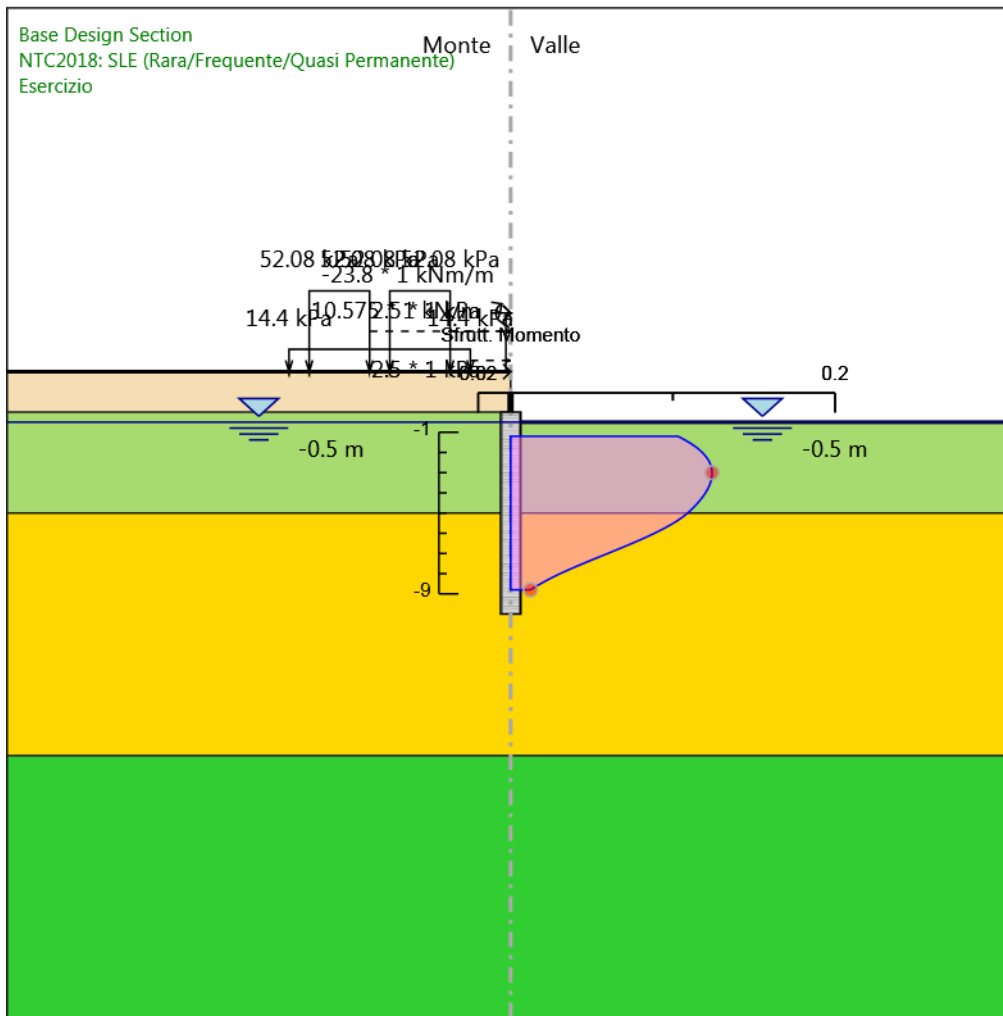




### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
-1.2	0.103	
-1.4	0.108	
-1.6	0.112	
-1.8	0.115	
-2	0.118	
-2.2	0.12	
-2.4	0.122	
-2.6	0.123	
-2.8	0.124	
-3	0.124	
-3.2	0.124	
-3.4	0.124	
-3.6	0.123	
-3.8	0.122	
-4	0.12	
-4.2	0.118	
-4.4	0.116	
-4.6	0.114	
-4.8	0.112	
-5	0.109	
-5.2	0.106	
-5.4	0.102	
-5.6	0.098	
-5.8	0.094	
-6	0.089	
-6.2	0.083	
-6.4	0.078	
-6.6	0.072	
-6.8	0.066	
-7	0.06	
-7.2	0.054	
-7.4	0.048	
-7.6	0.042	
-7.8	0.036	
-8	0.03	
-8.2	0.025	
-8.4	0.021	
-8.6	0.016	
-8.8	0.012	

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

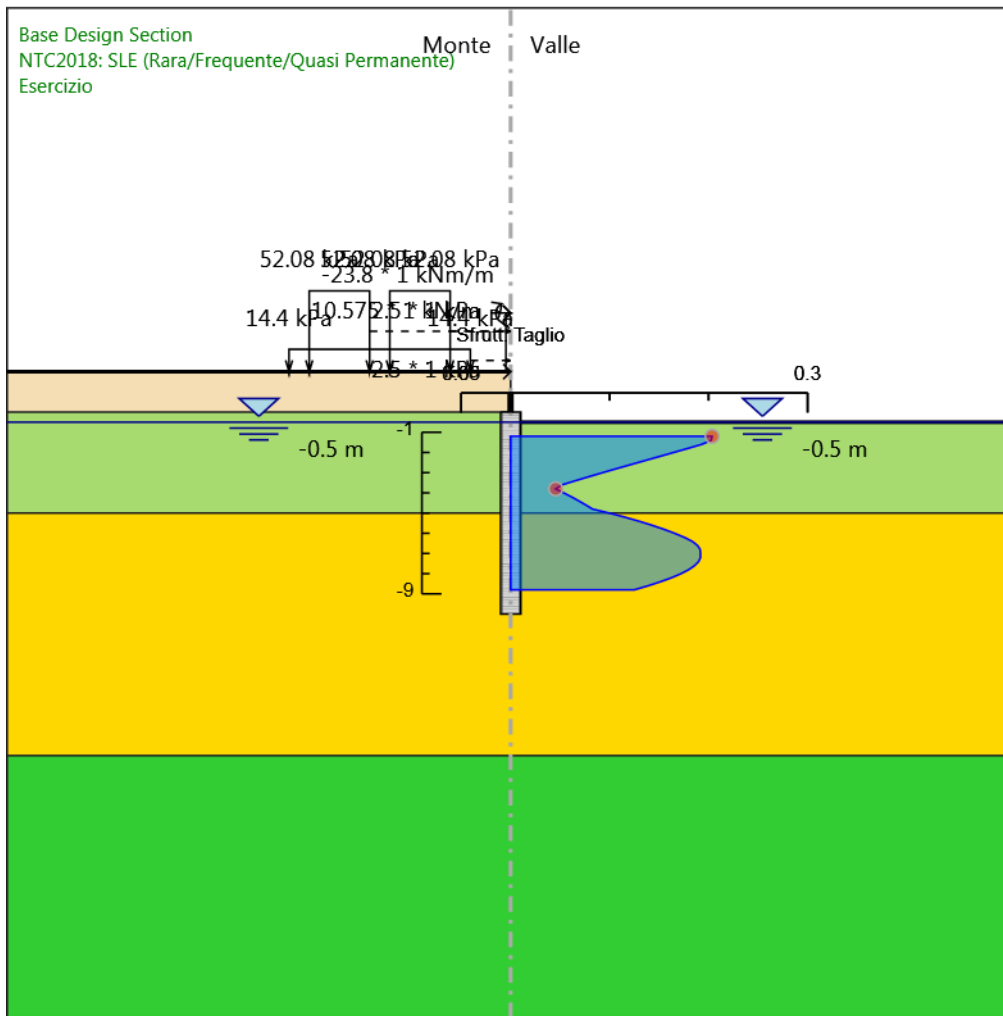


Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-1.2	0.204	
-1.4	0.203	
-1.6	0.193	
-1.8	0.179	
-2	0.165	
-2.2	0.15	
-2.4	0.136	
-2.6	0.121	
-2.8	0.107	
-3	0.093	
-3.2	0.079	
-3.4	0.065	
-3.6	0.052	
-3.8	0.045	
-4	0.054	
-4.2	0.062	
-4.4	0.069	
-4.6	0.076	
-4.8	0.083	
-5	0.1	
-5.2	0.115	
-5.4	0.13	
-5.6	0.143	
-5.8	0.155	
-6	0.166	
-6.2	0.175	
-6.4	0.183	
-6.6	0.189	
-6.8	0.191	
-7	0.192	
-7.2	0.192	
-7.4	0.19	
-7.6	0.186	
-7.8	0.18	
-8	0.172	
-8.2	0.162	
-8.4	0.151	
-8.6	0.139	
-8.8	0.125	

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver

#### 18.4 ALLEGATO 4: MODELLO PER AZIONI ECCEZIONALI-ZONA CORRENTE



## Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 10 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 24

Diametro : 0.032 m

Distanza dal bordo : 0.088 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 10 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.1 m

Sezione : PALOØ1000

Area equivalente : 0.654498469497874 m

Inerzia equivalente : 0.0409 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

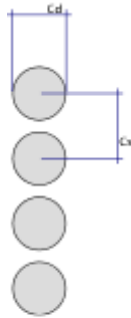
Spaziatura : 1.2 m

Diametro : 1 m

Efficacia : 1

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	216 di 249





Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	217 di 249

X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Muro di sinistra

Armatura      Lunghezza segmenti : 1 m

Sezione : Parete sp.75cm

Area equivalente : 0.75 m

Inerzia equivalente : 0.0352 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C30/37

Tipo sezione : Solid

Spessore : 0.75 m

Efficacia : 1

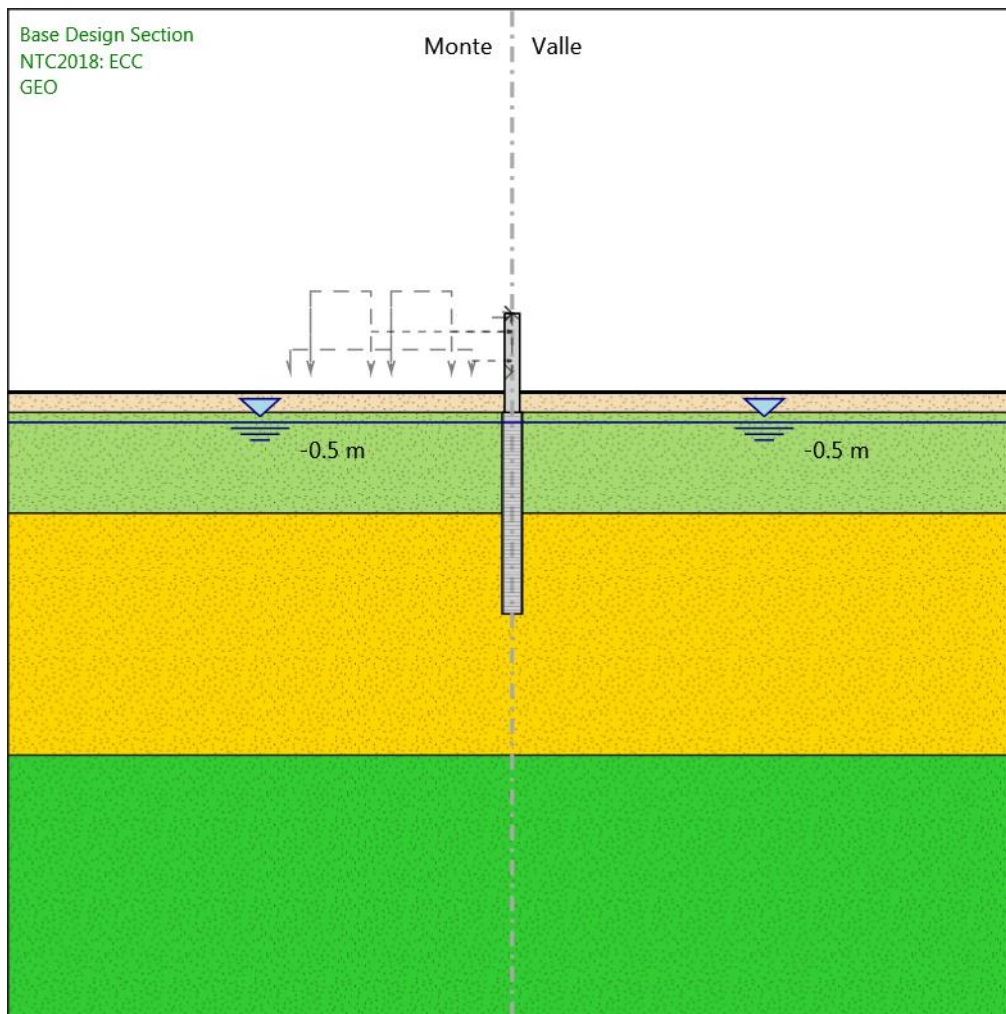
Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	218 di 249



## Fasi di Calcolo

### GEO



GEO

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 1 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	220 di 249

Lato valle : 1 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

1 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

1 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

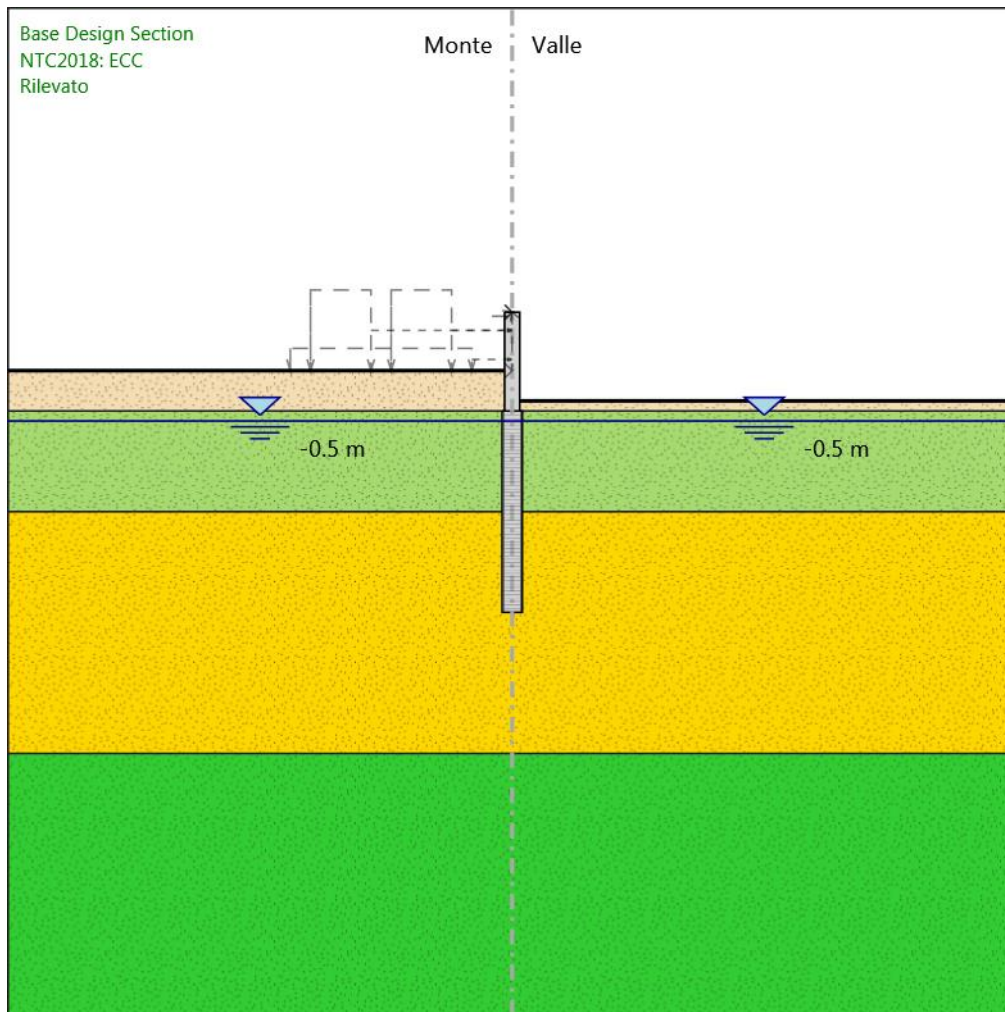
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## Rilevato



Rilevato

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : 0.5 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	222 di 249

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

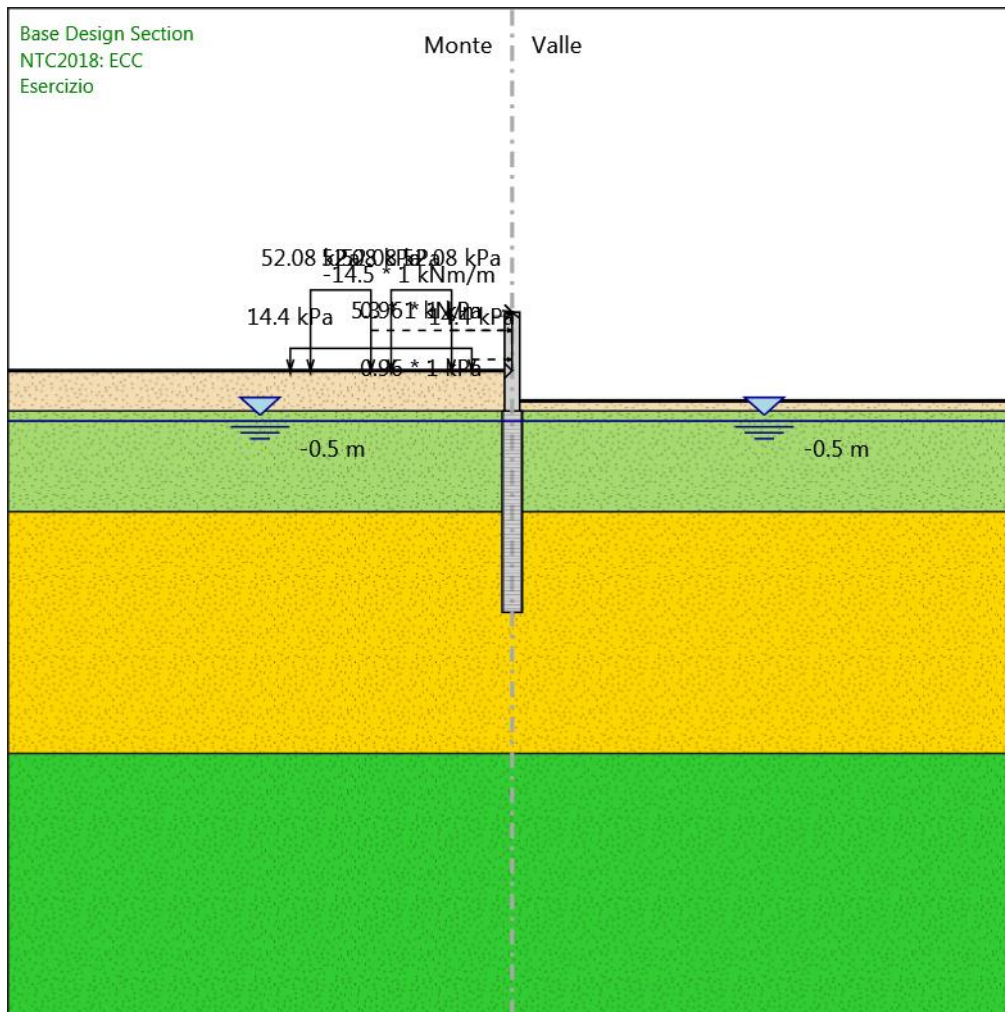
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## Esercizio



Esercizio

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : 0.5 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	224 di 249

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0.5 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

#### Carichi

Carico puntuale alla paratia : VENTO su BA

Quota : 4.9 m

Px : 5.3 kN/m

Pz : 1 kN/m

: -14.5 kNm/m

X : 0 m

Carico lineare sulla paratia : VENTO+PA

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 2 m

Pressione in alto : 0.96 kPa

Pressione in fondo : 0.96 kPa

X : 0 m

Carico lineare in superficie : BALLAST

X iniziale : -11 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

Carico lineare in superficie : LM71 B2

X iniziale : -10 m

X finale : -7 m

Pressione iniziale : 52.08 kPa

Pressione finale : 52.08 kPa

Carico lineare in superficie : LM71 B1

X iniziale : -6 m

X finale : -3 m

Pressione iniziale : 52.08 kPa

Pressione finale : 52.08 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m



Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	225 di 249

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

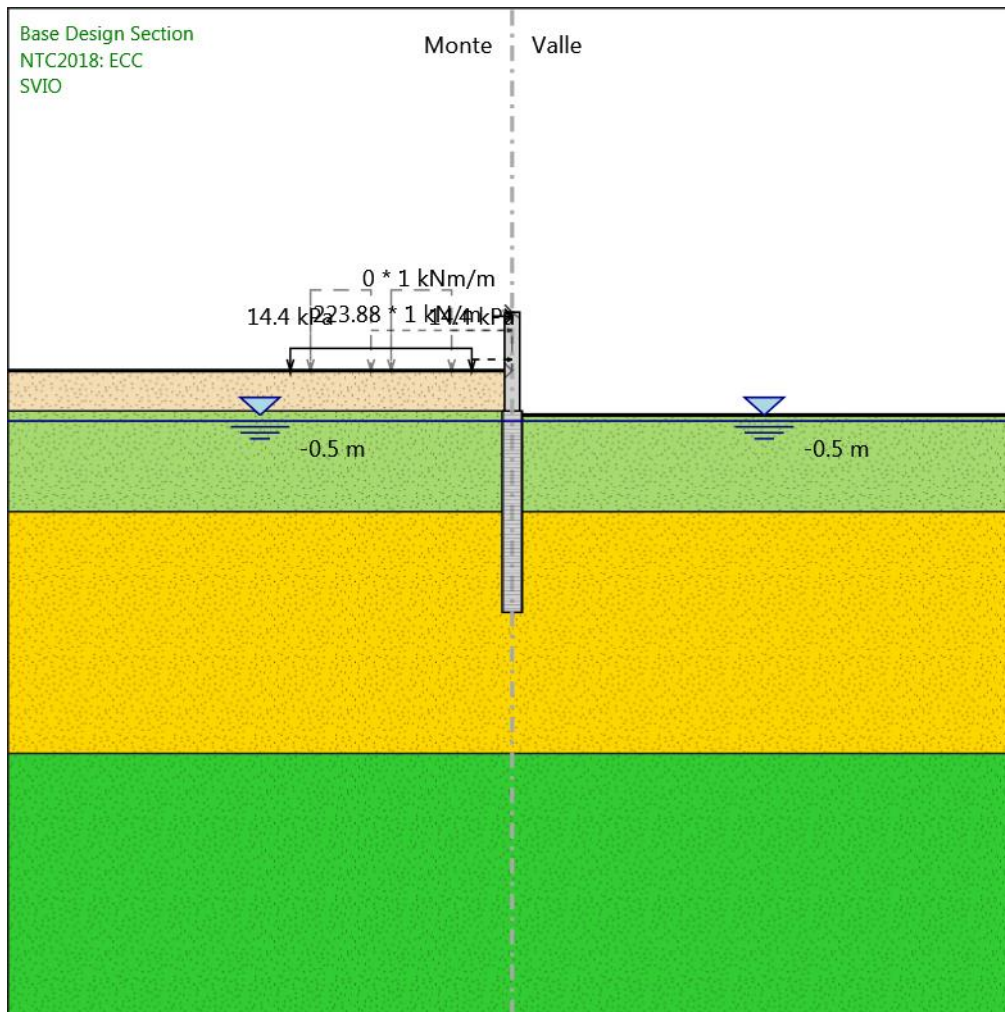
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

## SVIO



SVIO

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 2 m

Lato valle : -0.2 m

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	227 di 249

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-0.2 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -0.5 m

Falda di destra : -0.5 m

#### Carichi

Carico puntuale alla paratia : URTO

Quota : 4.7 m

Px : 223.88 kN/m

Pz : 1 kN/m

: 0 kNm/m

X : 0 m

Carico lineare in superficie : BALLAST

X iniziale : -11 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 14.4 kPa

Pressione finale : 14.4 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : PALO

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : PALOØ1000

Paratia : Parete

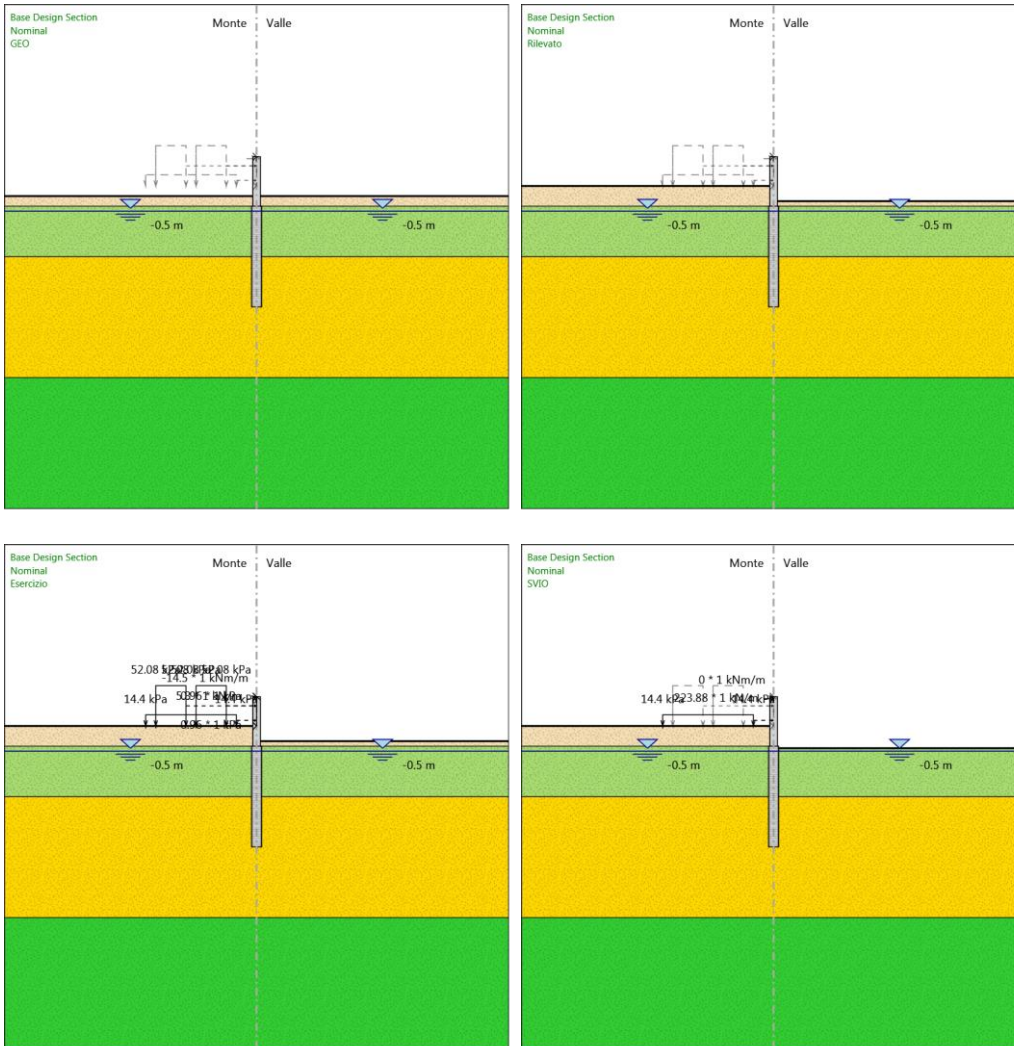
X : 0 m

Quota in alto : 4.9 m

Quota di fondo : 0 m

Sezione : Parete sp.75cm

### Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carico	Pressio	Pression	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi
	Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Sismico (F_seism_load)	ni	i Acqua Lato Valle (F_WaterDR)	Permane nti Destabiliz zanti (F_UPL_G DStab)	Permane nti Stabilizza zanti (F_UPL_G Stab)	Variabili Destabiliz zanti (F_UPL_Q DStab)	Permane ti Destabiliz zanti (F_HYD_G DStab)	Permane ti Stabilizza zanti (F_HYD_G Stab)	Variabili Destabiliz zanti (F_HYD_Q DStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: ECC	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_cohe)	Parziale su $S_u$ (F_Su)	Parziale su $q_u$ (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: ECC	1	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: ECC	1	1	1	1

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	230 di 249

***Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)***

## Tabella Inviluppi Momento PALO

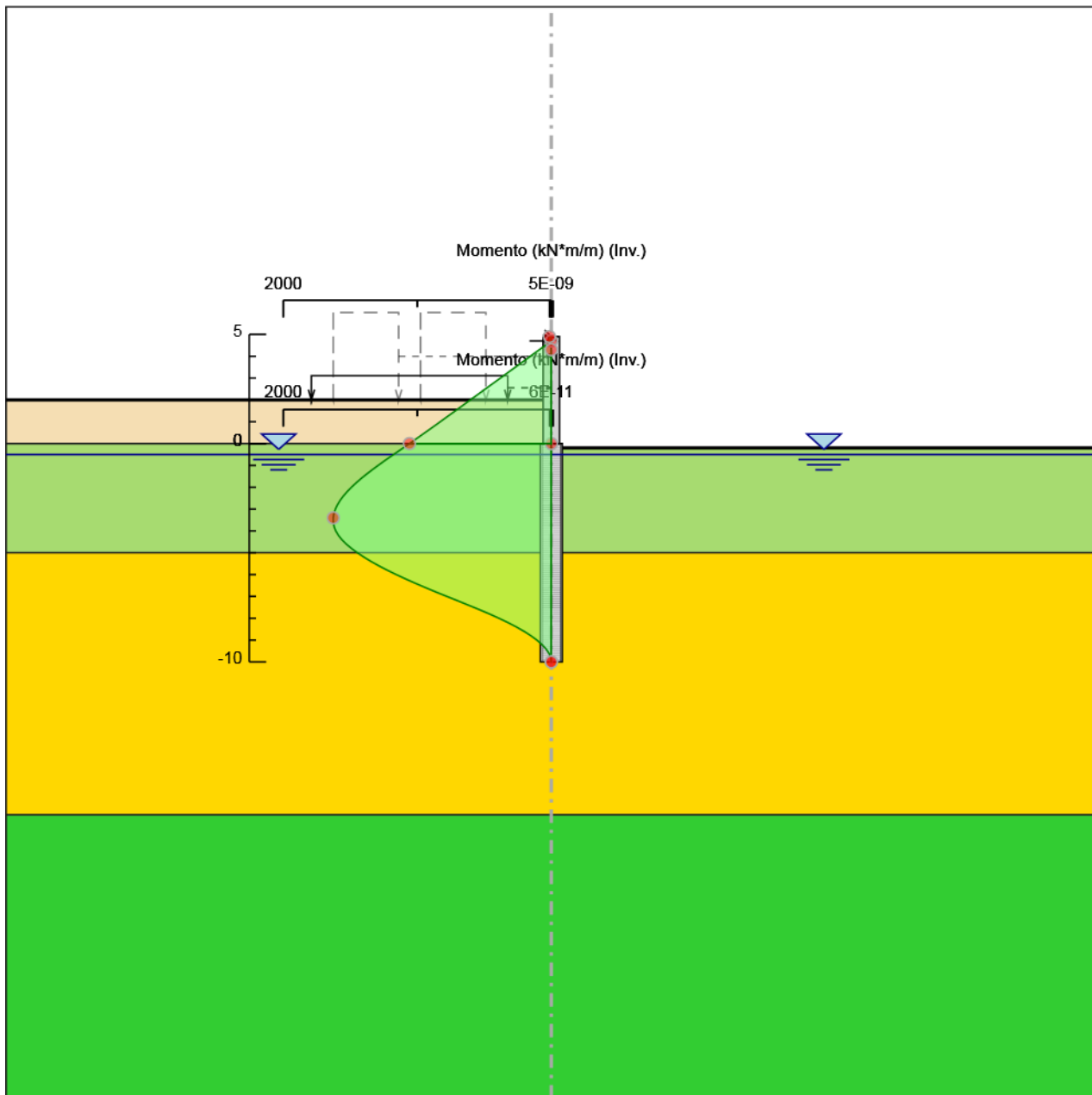
Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: PALO
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	1058.755	0
-0.2	1105.751	0
-0.4	1153.282	0
-0.6	1200.61	0
-0.8	1247.194	0
-1	1292.686	0
-1.2	1336.743	0
-1.4	1379.019	0
-1.6	1419.165	0
-1.8	1456.836	0
-2	1491.683	0
-2.2	1523.36	0
-2.4	1551.52	0
-2.6	1575.815	0
-2.8	1595.895	0
-3	1611.414	0
-3.2	1622.024	0
-3.4	1627.376	0
-3.6	1627.12	0
-3.8	1620.909	0
-4	1608.395	0
-4.2	1589.228	0
-4.4	1563.058	0
-4.6	1530.247	0
-4.8	1491.341	0
-5	1446.871	0
-5.2	1398.012	0
-5.4	1344.563	0
-5.6	1286.321	0
-5.8	1223.639	0
-6	1156.99	0
-6.2	1086.831	0
-6.4	1013.602	0
-6.6	937.73	0
-6.8	859.626	0
-7	779.691	0
-7.2	698.726	0
-7.4	617.983	0
-7.6	538.834	0
-7.8	462.635	0
-8	390.475	0
-8.2	322.866	0
-8.4	260.305	0
-8.6	203.286	0
-8.8	152.297	0
-9	107.822	0
-9.2	70.346	0
-9.4	40.346	0
-9.6	18.303	0
-9.8	4.695	0
-10	0	0

## Tabella Inviluppi Momento Parete

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: Parete
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
4.9	14.5	0
4.7	15.58	0
4.5	44.78	0
4.3	89.56	0
4.1	134.34	0
3.9	179.12	0
3.7	223.9	0
3.5	268.68	0
3.3	313.46	0
3.1	358.24	0
2.9	403.02	0
2.7	447.8	0
2.5	492.58	0
2.3	537.36	0
2.1	582.14	0
1.9	626.92	0
1.7	671.719	0
1.5	716.575	0
1.3	761.527	0
1.1	806.613	0
0.9	851.873	0
0.7	897.346	0
0.5	943.071	0
0.3	989.089	0
0.1	1035.44	0
0	1058.755	0



## Grafico Involuppi Momento





RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	234 di 249

Momento

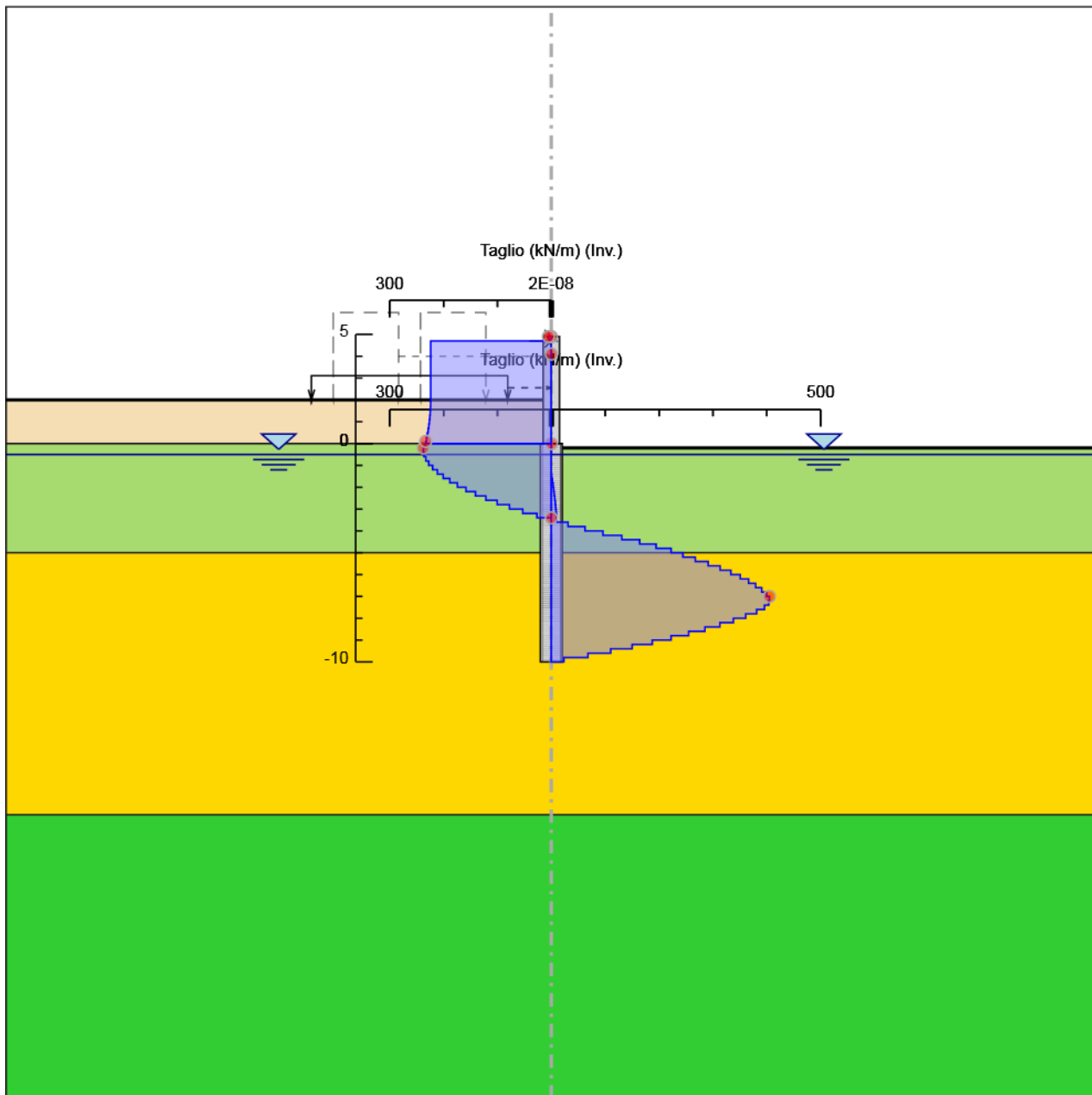
## Tabella Inviluppi Taglio PALO

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: PALO
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	234.98	0
-0.2	237.653	0
-0.4	237.653	0
-0.6	236.642	0
-0.8	232.919	0
-1	227.461	0
-1.2	220.286	0
-1.4	211.377	0.666
-1.6	200.733	2.056
-1.8	188.353	3.328
-2	174.235	4.474
-2.2	158.388	5.526
-2.4	140.8	6.484
-2.6	121.472	7.36
-2.8	100.402	8.164
-3	77.597	8.904
-3.2	53.049	9.59
-3.4	26.757	10.229
-3.6	0	31.053
-3.8	0	62.572
-4	0	95.837
-4.2	0	130.848
-4.4	0	164.056
-4.6	0	194.53
-4.8	0	222.349
-5	0	244.294
-5.2	0	267.248
-5.4	0	291.21
-5.6	0	313.41
-5.8	0	333.244
-6	0	350.797
-6.2	0	366.146
-6.4	0	379.361
-6.6	0	390.516
-6.8	0	399.675
-7	0	404.83
-7.2	0	404.83
-7.4	0	403.715
-7.6	0	395.741
-7.8	0	380.998
-8	0	360.797
-8.2	0	338.047
-8.4	0	312.804
-8.6	0	285.096
-8.8	0	254.947
-9	0	222.372
-9.2	0	187.385
-9.4	0	149.997
-9.6	0	110.214
-9.8	0	68.04
-10	0	23.476

## Tabella Inviluppi Taglio Parete

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: Parete
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
4.9	5.398	0
4.7	223.9	0
4.5	223.9	0
4.3	223.9	0
4.1	223.9	0
3.9	223.9	0
3.7	223.9	0
3.5	223.9	0
3.3	223.9	0
3.1	223.9	0
2.9	223.9	0
2.7	223.9	0
2.5	223.9	0
2.3	223.9	0
2.1	223.9	0
1.9	223.995	0
1.7	224.281	0
1.5	224.759	0
1.3	225.431	0
1.1	226.298	0
0.9	227.363	0
0.7	228.627	0
0.5	230.09	0
0.3	231.754	0
0.1	233.152	0
0	233.152	0

## Grafico Inviluppi Taglio





**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	238 di 249

Taglio

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	239 di 249

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
			%
NTC2018: ECC	SVIO Left Wall	LEFT	17.68
NTC2018: ECC	SVIO Left Wall	RIGHT	55.12

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: ECC	Esercizio	Left Wall	LEFT	119.88
NTC2018: ECC	GEO	Left Wall	RIGHT	173.25



## ***Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali***

### **Normative Verifiche**

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.8
$\gamma_s$	1.15



RADDOPPIO LINEA COLOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA

Relazione di calcolo muri di recinzione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	RI 00 05 003	B	242 di 249

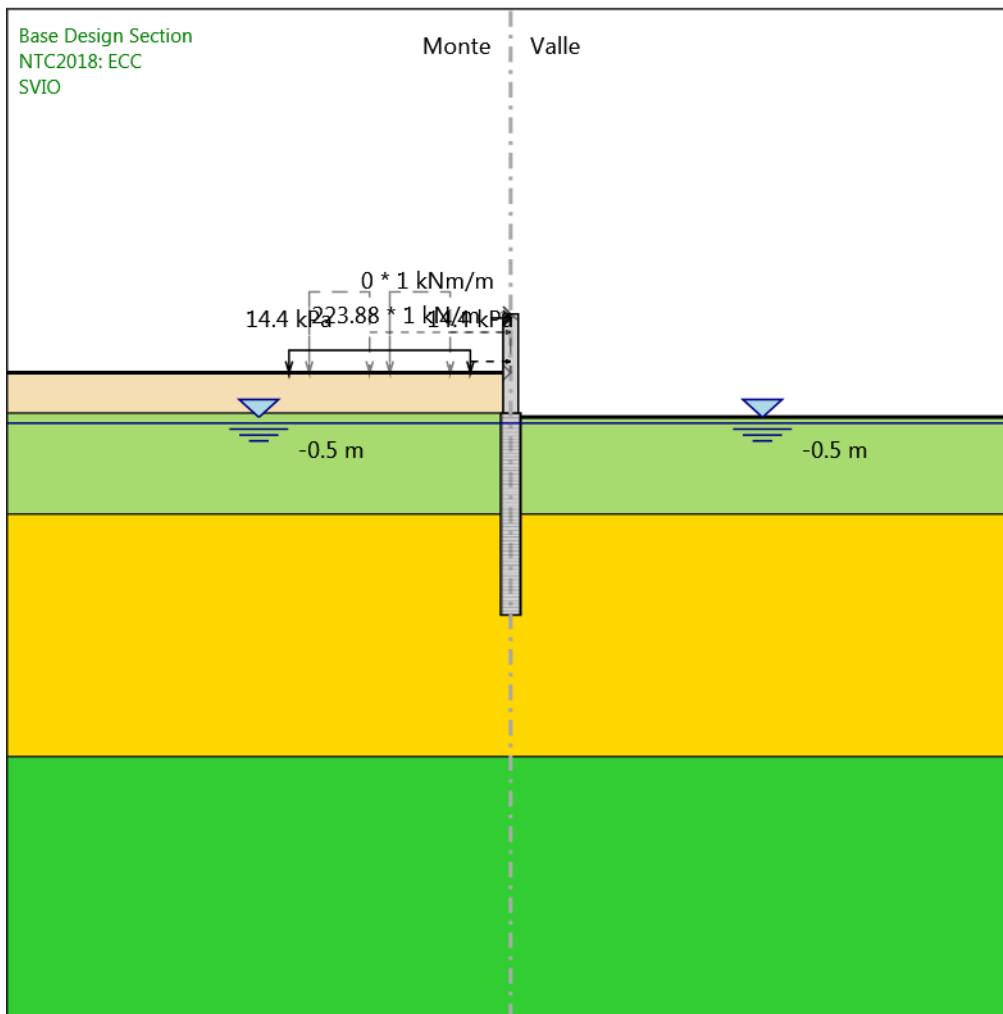
## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption GEO Rilevato Esercizio SVIO

NTC2018: ECC V V V V

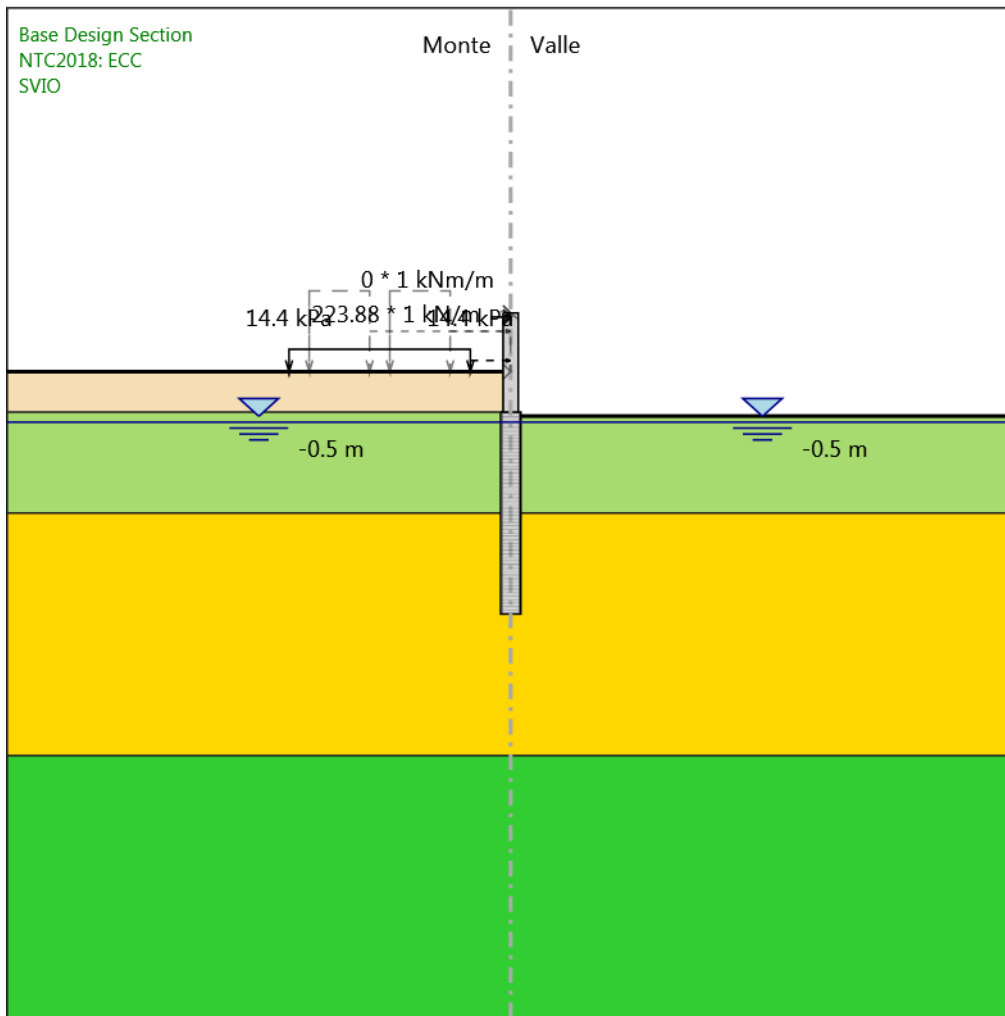
## Risultati Caver

### Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver



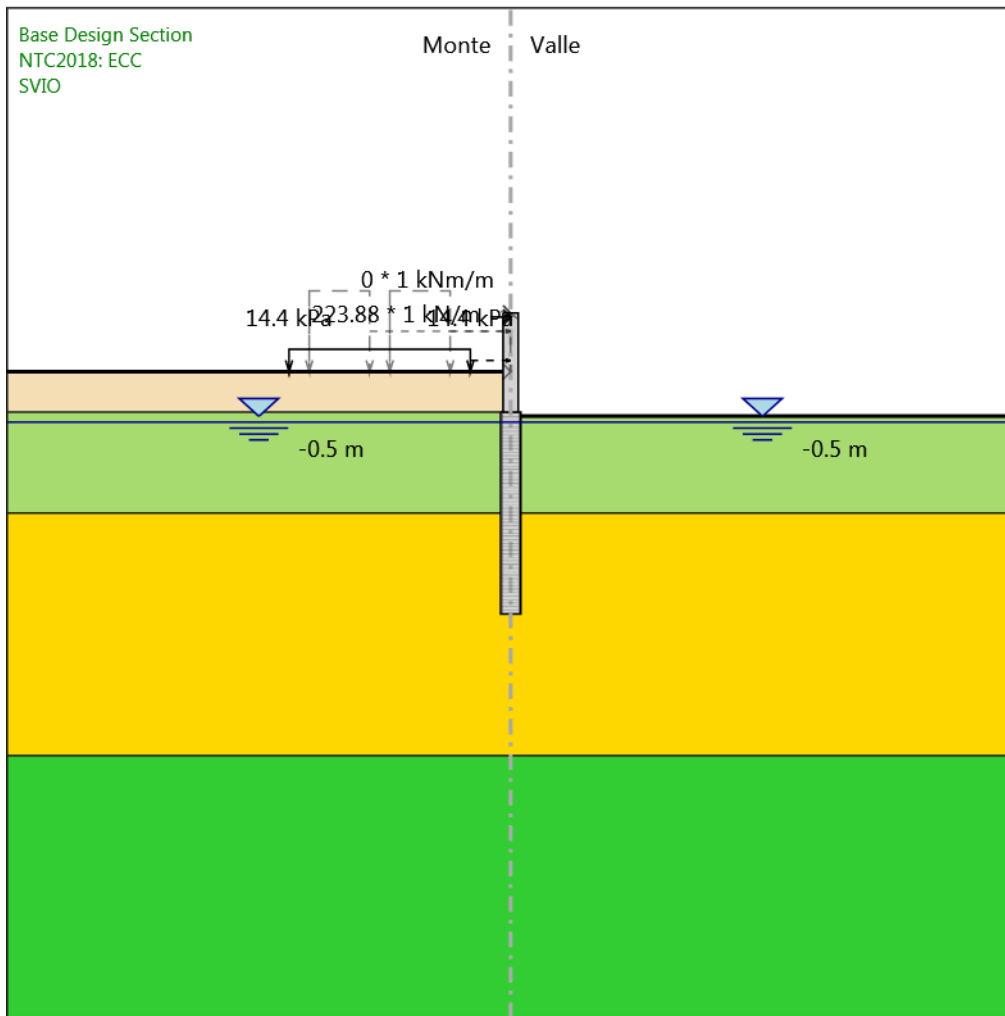
Inviluppi  
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Armature - Cover

### Grafico Involuppi Apertura Fessure - Caver

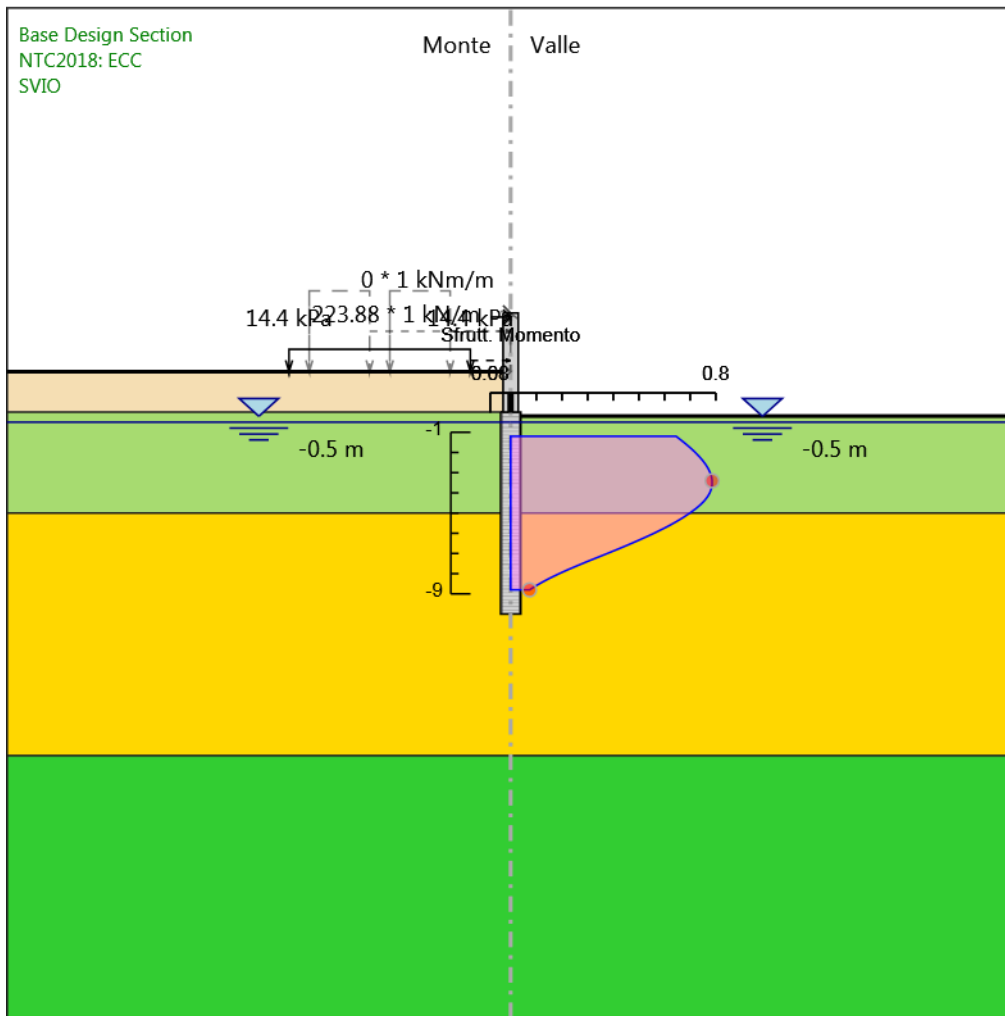


Involuppi  
Apertura Fessure - Caver

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
-1.2	0.645	
-1.4	0.666	
-1.6	0.685	
-1.8	0.703	
-2	0.72	
-2.2	0.735	
-2.4	0.749	
-2.6	0.761	
-2.8	0.77	
-3	0.778	
-3.2	0.783	
-3.4	0.786	
-3.6	0.786	
-3.8	0.783	
-4	0.776	
-4.2	0.767	
-4.4	0.755	
-4.6	0.739	
-4.8	0.72	
-5	0.698	
-5.2	0.675	
-5.4	0.649	
-5.6	0.621	
-5.8	0.591	
-6	0.559	
-6.2	0.525	
-6.4	0.489	
-6.6	0.453	
-6.8	0.415	
-7	0.376	
-7.2	0.337	
-7.4	0.298	
-7.6	0.26	
-7.8	0.223	
-8	0.189	
-8.2	0.156	
-8.4	0.126	
-8.6	0.098	
-8.8	0.074	

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver



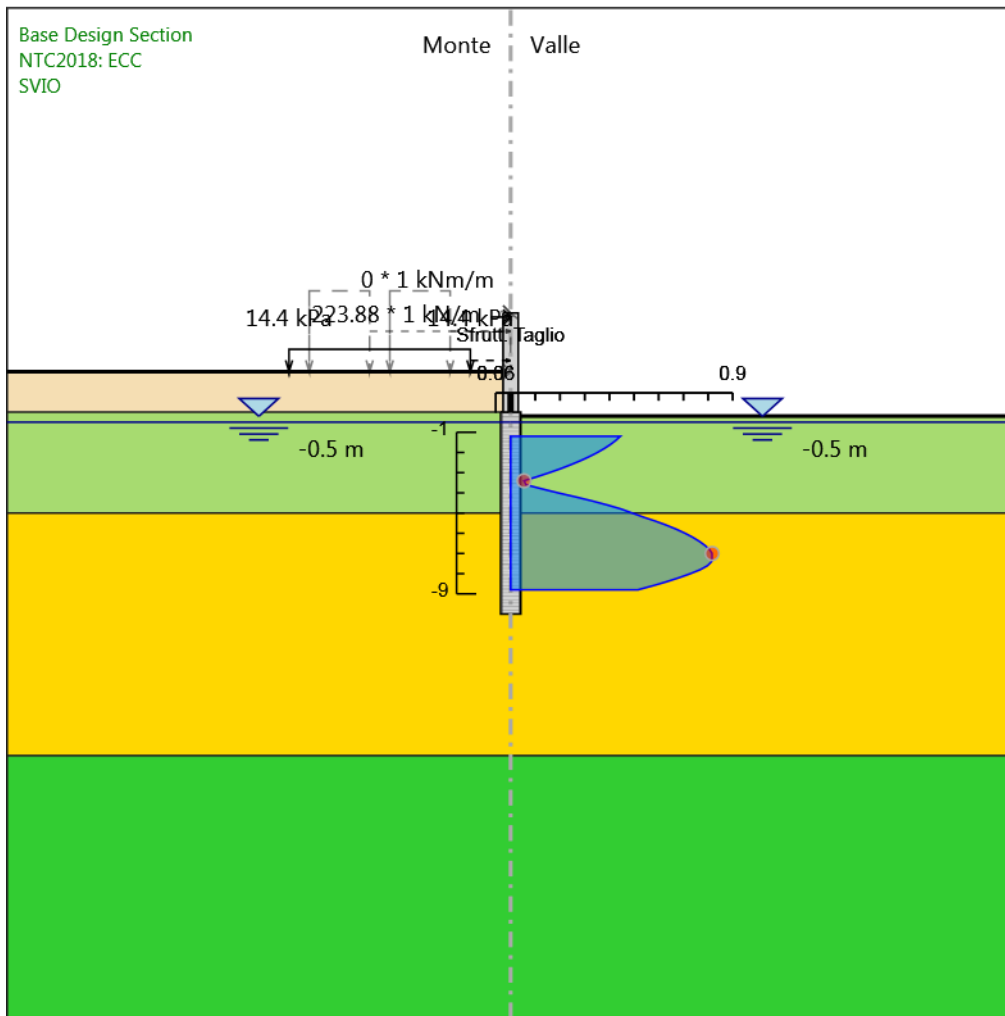
Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-1.2	0.444	
-1.4	0.426	
-1.6	0.405	
-1.8	0.38	
-2	0.351	
-2.2	0.319	
-2.4	0.284	
-2.6	0.245	
-2.8	0.202	
-3	0.156	
-3.2	0.107	
-3.4	0.054	
-3.6	0.063	
-3.8	0.126	
-4	0.193	
-4.2	0.264	
-4.4	0.331	
-4.6	0.392	
-4.8	0.448	
-5	0.493	
-5.2	0.539	
-5.4	0.587	
-5.6	0.632	
-5.8	0.672	
-6	0.707	
-6.2	0.738	
-6.4	0.765	
-6.6	0.788	
-6.8	0.806	
-7	0.816	
-7.2	0.816	
-7.4	0.814	
-7.6	0.798	
-7.8	0.768	
-8	0.728	
-8.2	0.682	
-8.4	0.631	
-8.6	0.575	
-8.8	0.514	



### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver