

**E-R****01**

Data Emissione

Gennaio 2024

Progettista delle opere

**VS STUDIO ASSOCIATO  
ING. NICOLA VITALI**

Via G. Franchi, 4 / Via V. Lanfranco, 3 - 27100 Pavia

Tel 0382-1900123 Email vsstudioassociato@gmail.com

Il Responsabile Unico del Procedimento

**Ufficio Tecnico Comunale  
ING. DANIELE SCLAVI**

Via Casabassa, 7 - Canneto Pavese (PV)

Tel 0385-88021 Email ufficiotecnico@comune.cannetopavese.pv.it

Il Direttore Lavori

**VS STUDIO ASSOCIATO  
ING. NICOLA VITALI**

Via G. Franchi, 4 / Via V. Lanfranco, 3 - 27100 Pavia

Tel 0382-1900123 Email vsstudioassociato@gmail.com



Firma del Committente

Firma dell'Impresa esecutrice

- |  |  |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>PROGETTO</b><br>serie PR  | <input type="checkbox"/> FATTIBILITA'<br>serie F                     |
| <input type="checkbox"/> AUTORIZZAZ.<br>serie AU                 | <input type="checkbox"/> DEFINITIVO<br>serie D                       |
| <input type="checkbox"/> ANTINCENDIO<br>serie VV.FF.             | <input checked="" type="checkbox"/> <b>ESECUTIVO</b><br>serie E      |
| <input type="checkbox"/> RILIEVO<br>serie RI                     | <input type="checkbox"/> imp. TERMICO<br>serie W                     |
| <input type="checkbox"/> STRUTTURE<br>serie S                    | <input type="checkbox"/> imp. ELETTRICO<br>serie E                   |
| <input type="checkbox"/> ARCHITETTONICO<br>serie A               | <input type="checkbox"/> imp. IDRICO<br>serie I                      |
| <input type="checkbox"/> STATO<br>ATTUALE                        | <input type="checkbox"/> TAV. GRAFICHE<br>serie T                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>STATO DI<br/>PROGETTO</b> | <input checked="" type="checkbox"/> <b>ELAB. DI TESTO</b><br>serie R |
| <input type="checkbox"/> STATO DI<br>CONFRONTO                   | <input type="checkbox"/> ELAB. DI CALCOLO<br>serie C                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Revisioni                    | <input type="checkbox"/> 3 -----                                     |
| <input type="checkbox"/> 1 -----                                 | <input type="checkbox"/> 4 -----                                     |
| <input type="checkbox"/> 2 -----                                 | <input type="checkbox"/> 5 -----                                     |

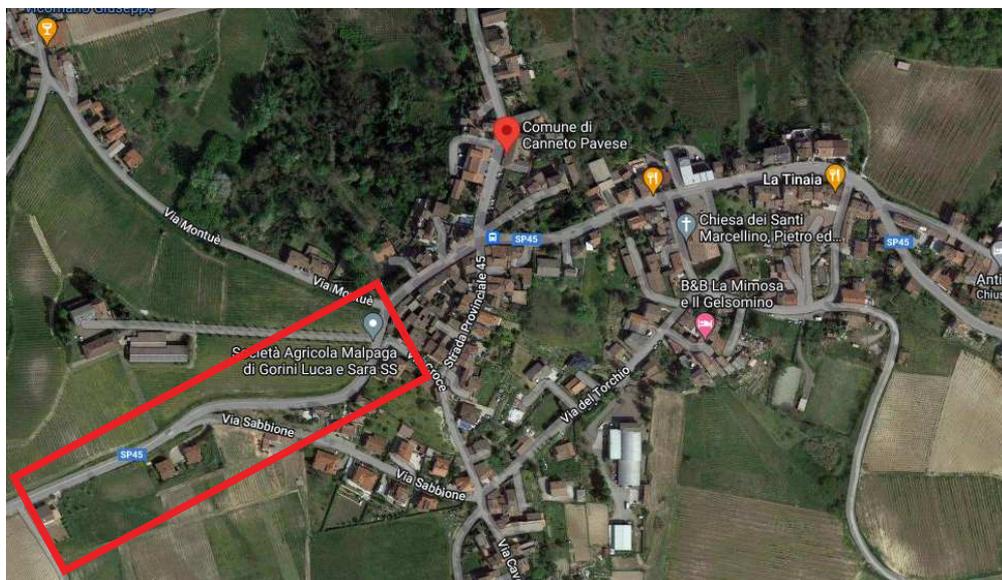


COMMITTENTE

**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**Provincia di Pavia  
Regione Lombardia

Il sindaco

Il segretario



**CUP : I15F21001700007**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**ai sensi dell'art. 41**  
**del D.Lgs. 31/marzo/2023 n°36**  
**e allegato 1.7 art. 22 sez. III**

**MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE  
 PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE**

**OGGETTO:**  
**RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE**

Dir. Archivio: PR 2023 - 24

File:



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

## Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. OBIETTIVI.....	4
3. MARCIAPIEDE .....	5
4. CRONOPROGRAMMA .....	6
5. COSTI DI REALIZZAZIONE.....	6
6. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE PAESAGGISTICO, AMBIENTALE ED IDROGEOLOGICO E GEOLOGICO-TECNICO .....	6
7. DESCRIZIONE TOMBINATURA CUNETTA IN TERRA BORDO STRADA.....	7
<b>7.1. Tombinatura cunetta.....</b>	<b>7</b>
<b>7.2. Calcoli idraulici.....</b>	<b>8</b>
<b>7.2.1. Studio della pluviometria delle piogge di forte intensità e di breve durata. 8</b>	
<b>7.2.2. Calcolo delle portate idriche .....</b>	<b>10</b>
<b>7.2.3. Calcolo idraulico delle condotte a pelo libero.....</b>	<b>13</b>
<b>7.2.4. Pozzetto di calma in ingresso al tratto tombinato esistente .....</b>	<b>17</b>
<b>7.2.5. Verifica intero tratto .....</b>	<b>20</b>
<b>7.3. VERIFICA DELLE RETI DI DRENAGGIO .....</b>	<b>21</b>
7.3.1. Verifica interasse caditoie .....	21
7.3.2. Verifica delle dimensioni delle caditoie .....	24
7.3.3. Conclusioni.....	29
8. CALCOLO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO.....	30
<b>8.1. AZIONE SISMICA .....</b>	<b>30</b>
<b>8.2. VERIFICA A RIBALTAMENTO.....</b>	<b>35</b>
<b>8.2.1. Muro di sostegno di sezione tipologica 2 (Vedasi Tav E-T 07) :.....</b>	<b>37</b>
<b>8.2.2. Muro di sostegno di sezione tipologica 4 (Vedasi Tav E-T 07) :.....</b>	<b>42</b>
<b>8.3. VERIFICA A SCORRIMENTO.....</b>	<b>46</b>
<b>8.3.1. Muro di sostegno di sezione tipologica 2 (Vedasi Tav E-T 07) :.....</b>	<b>48</b>
<b>8.3.2. Muro di sostegno di sezione tipologica 4 (Vedasi Tav E-T 07) :.....</b>	<b>52</b>
<b>8.4. VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE .....</b>	<b>56</b>



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

8.4.1. Muro di sostegno di sezione tipologica 2 (Vedasi Tav E-T 07) :.....	56
8.4.2. Muro di sostegno di sezione tipologica 4 (Vedasi Tav E-T 07) :.....	60
<b>8.5. VERIFICA DELE ARMATURE DEL MURO DI SOSTEGNO – PARAMENTO VERTICALE</b> .....	<b>64</b>
8.5.1. Muro di sostegno di sezione tipologica 2 (Vedasi Tav E-T 07) :.....	64
8.5.2. Muro di sostegno di sezione tipologica 4 (Vedasi Tav E-T 07) :.....	70



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

### LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

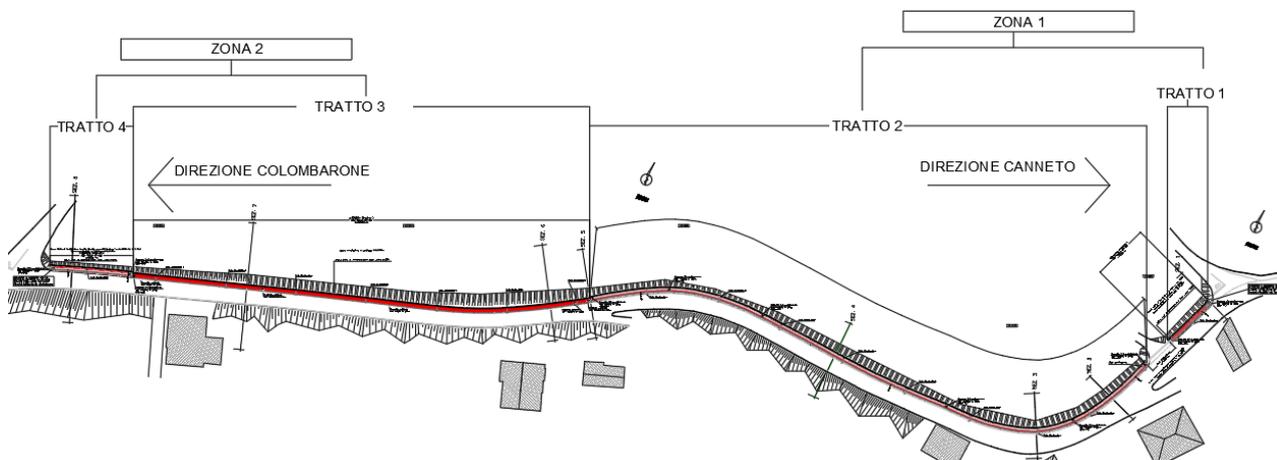
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

## 1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di descrivere gli interventi necessari per accrescere i livelli minimi di sicurezza e la fruibilità del tratto di strada provinciale S.P. 45D1 diramazione per Broni, sul lato destro dal Capoluogo fino alla località Colombarone, più precisamente l'intervento consiste nella realizzazione di un nuovo tratto di marciapiede. Il percorso sarà diviso in due zone e quattro tratti:

- Zona 1 : Consiste di due tratti 1 e 2 di cui nel tratto 1 verrà realizzato l'intervento di tipologia 1 (H,muro = 0,35 m), invece nel tratto 2 verrà realizzato l'intervento di tipologia 2 (H,muro = 1,40 m), (vedasi TAV. E-T 02 03 04 e 05)
- Zona 2 : Consiste di due tratti 3 e 4 di cui nel tratto 3 verrà realizzato l'intervento di tipologia 3 (H,muro = 0,80 m),, invece nel tratto 4 verrà realizzato l'intervento di tipologia 4 (H,muro = 1,10 m), (vedasi TAV. E-T 02 03 04 e 05)

Realizzando il nuovo tratto di marciapiede per una lunghezza totale di quattro tratti di 380,80 ml, verrà realizzato contestualmente un muro di sostegno in c.a. a contenimento del versante nord.





**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
CUP: I15F21001700007  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**



Inquadramento aerofotogrammetrico ( estrapolazione da Google Maps)

Da dati desunti da pubblicazioni ACI risulta che i numeri dell'incidentalità stradale che vedono coinvolti i pedoni sono, in sintesi:

- ogni giorno almeno 22 pedoni muoiono sulle strade europee (circa 8.000 nella EU-27);
- i pedoni sono coinvolti nel 15% dei sinistri stradali;
- in termini di probabilità di rischio, nel 30% dei casi di incidenti che coinvolgono un pedone, con il veicolo che viaggia a 40 km/h, il pedone muore;
- 1 incidente su 4, che vede coinvolto un pedone, avviene su un attraversamento pedonale (stima ACI);
- mentre i morti complessivi degli incidenti stradali sono in diminuzione (area europea), il numero di pedoni coinvolti in sinistri aumenta.

## **2. OBIETTIVI**

Obiettivo da raggiungere è la creazione di situazioni più sicure che scorragino i comportamenti meno corretti e facilitino la condivisione dello spazio urbano alle diverse categorie di utenti.

Nello specifico occorre:

- rendere pedoni e conducenti maggiormente consapevoli dei rispettivi limiti-rischi e doveri;
- individuare, le migliori soluzioni da adottare nella progettazione e gestione dei marciapiedi.



### **COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

### **3. MARCIAPIEDE**

L'intervento deriva dall'esigenza di accrescere i livelli minimi di sicurezza e la fruibilità del tratto di strada provinciale S.P. 45D1 diramazione per Broni, sul lato destro dal Capoluogo fino alla località Colombarone, realizzando un nuovo tratto di marciapiede.

È da prevedere la tombinatura della cunetta di scolo poste al margine destro, della carreggiata stradale opportunamente dotate di pozzetti d'ispezione e raccolta per lo smaltimento delle acque meteoriche.

In dettaglio il progetto dovrà contemplare le seguenti opere:

- demolizione e scavo delle banchine laterali per quei tratti dove è prevista la realizzazione del nuovo marciapiede;
- preparazione e compattazione del piano di posa dei nuovi marciapiedi con materiali provenienti dagli scavi stessi, opportunamente compattati;
- posa della tubazione in CLS, DN300mm, per la tombinatura della cunetta laterale, dotata di pozzetti e idonee caditoie, a bordo marciapiede;
- realizzazione del massetto di fondazione del nuovo marciapiede in CLS armato con rete elettrosaldata ( $\Phi$  6/20);
- posa in opera, su fondazione in c.a., del cordolo di delimitazione in CLS;
- lavori di posa della nuova pavimentazione dei marciapiedi, mediante l'utilizzo di autobloccanti;
- predisposizione dei cavidotti per il successivo alloggiamento dell'impianto elettrico, di illuminazione pubblica e telefonico, mediante posa in opera di tubi corrugati termoplastici, rispettivamente con diametro esterno da mm 90 e mm 63, e pozzetti d'ispezione dotati di idoneo chiusino in ghisa.

A lato del marciapiede per tutta la sua lunghezza verrà realizzato un muro di sostegno di altezza variabile da 0.35 cm a 1.40 m in c.a..

A monte del muro di contenimento del versante verrà realizzata una canaletta di scolo in terra rivestita con geotessuto, che scaricherà le acque, mediante l'impiego di embrici prefabbricati, all'interno della tubazione DN300 in progetto sotto il marciapiede.



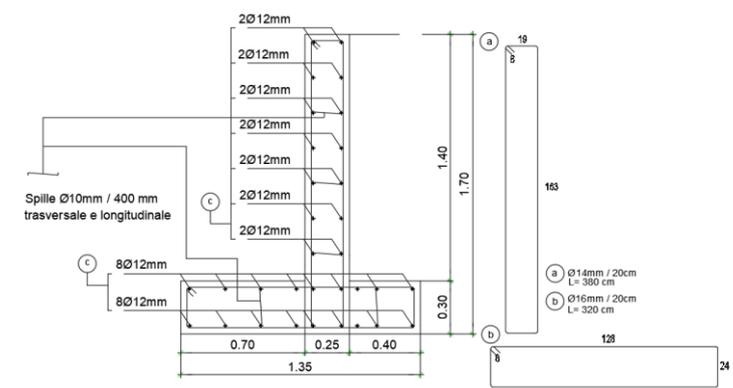
## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

### SEZIONE TIPOLOGICA INTERVENTO TIPO



## 4. CRONOPROGRAMMA

La durata dei lavori prevista è pari a 130 giorni - Vedasi elaborato di progetto E-R 09 (Cronoprogramma lavori).

## 5. COSTI DI REALIZZAZIONE

È da prevedersi una spesa complessiva di € 217.800,00 COMPRESIVO DI SICUREZZA.....€9.000,00.....esplicitati nell'allegato quadro economico.

## 6. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE PAESAGGISTICO, AMBIENTALE ED IDROGEOLOGICO E GEOLOGICO-TECNICO

Le opere in progetto sono:

1. Conformi agli strumenti urbanistici vigenti e/o a adottati, ai regolamenti edilizi vigenti e non in contrasto alle vigenti disposizioni di sicurezza ed igienico – sanitarie;
2. Escluse dal vincolo archeologico;
3. Escluse dal vincolo paesistico;

Gli interventi da eseguirsi non modificano in modo significativo l'ambiente circostante in quanto le opere da realizzarsi non alterano sostanzialmente lo stato dei luoghi.



## **COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Le opere previste nel progetto non ricadono in aree tutelate ai sensi del D.Lgs. 42/2004 risultando all'esterno della fascia di rispetto dei corsi d'acqua, né ricadono in zone a protezione speciale o in siti di interesse comunitario.

L'intervento è compatibile con i contenuti del Piano di Governo del territorio dell'Unione vigente.

### **7. DESCRIZIONE TOMBINATURA CUNETTA IN TERRA BORDO STRADA**

#### **7.1. Tombinatura cunetta**

Il progetto prevede la realizzazione della tombinatura della cunetta in terra esistente a bordo strada.

La tombinatura è resa necessaria dal fatto che in corrispondenza della cunetta esistente viene realizzato il marciapiede in progetto, con muro retrostante a sostegno del terrapieno esistente.

Le acque meteoriche scolanti dalla piattaforma stradale e dalla scarpata adiacente alla cunetta esistente verranno convogliate nella tubazione di progetto in CLS DN300 attraverso un sistema di caditoie a griglia e bocca di lupo in funzione della pendenza trasversale della strada.

Per il calcolo della portata transitante all'interno della sezione idraulica della tubazione si è considerata metà della carreggiata stradale (pari a 5,50m di larghezza)  $L_{strada} = 2.75m$  e una larghezza di versante pari a  $L_{versante} = 15m$ .

Il primo tratto interessato dalla tombinatura di progetto ha una lunghezza pari a circa 17,80m, il secondo tratto una lunghezza pari a circa 189,00m, il terzo tratto una lunghezza pari a circa 147,00m mentre il quarto tratto una lunghezza pari a circa 27,00m.

La cunetta in terra attualmente raccoglie le acque in arrivo disperdendole in parte negli strati del sottosuolo e in parte verso condotte collegate con la fognatura esistente (vedasi TAV. E-T 03).

Le acque della piattaforma stradale scaricano attualmente verso il margine sud, essendo la pendenza trasversale proprio rivolta in direzione sud, quindi l'apporto idrico dalla sede



## **COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

**CUP: I15F21001700007**

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

carrabile è praticamente ininfluenza ai calcoli di dimensionamento della tubazione di progetto.

Essendo il secondo tratto di maggiore lunghezza rispetto agli altri tratti, esso è stato considerato più gravoso ed è quindi stata effettuata la verifica della tubazione per tale estensione.

Ogni 30 m circa è previsto il posizionamento di un pozzetto di recapito/ispezione.

Tale pozzetto avrà in sommità una griglia in ghisa sferoidale per permettere lo scolo delle acque all'interno della tubazione, provenienti sia dal marciapiede che dalla scarpata sommitale al muro di sostegno.

La dimensione minima in pianta dei pozzetti è pari a 0,60 m x 0,60 al fine di garantire la possibilità di ispezione.

La griglia di sommità sarà in ghisa sferoidale, conforme alla norma UNI EN 124, con guarnizioni antivibranti e di tipo carrabile D400 nel caso eventuali mezzi agricoli o pesanti debbano sormontare la sede del marciapiede per permettere il transito degli altri veicoli in caso di incrocio con gli stessi sulla sede stradale.

## **7.2. Calcoli idraulici**

### **7.2.1. Studio della pluviometria delle piogge di forte intensità e di breve durata.**

Per dimensionare correttamente una rete di drenaggio delle acque meteoriche risulta necessario stimare la quantità di pioggia che la rete dovrà smaltire in occasione delle precipitazioni di maggiore intensità.

Dato il carattere essenzialmente aleatorio degli eventi di pioggia, la descrizione del regime delle piogge intense si deve fondare su un'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche.



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

**CUP: I15F21001700007**

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

In particolare, per ricercare la durata critica e quindi l'intensità critica della pioggia, è necessario conoscere la legge secondo la quale varia, al variare della durata, l'altezza di precipitazioni caratterizzata da un certo grado di rarità.

Questa relazione, detta *curva di possibilità pluviometrica*, si rappresenta usualmente con l'espressione monomia:

$$h = at^n(1)$$

nella quale  $h$  è l'altezza di pioggia (mm),  $t$  è la durata (ore) e  $a$  e  $n$  sono parametri che variano a seconda della località indagata.

Per caratterizzare il grado di rarità dei valori di  $h$  forniti dalla (1) si fa ricorso al concetto di tempo di ritorno. Si definisce tempo di ritorno del valore  $h$  la lunghezza dell'intervallo di tempo  $T$ , espresso in anni, nel quale il valore di  $h$  è mediamente superato una volta. Per i calcoli descritti in questa relazione è stata definita la curva di possibilità pluviometrica caratterizzata da un tempo di ritorno di 10 anni. Ciò significa che la portata calcolata per il dimensionamento di ciascun tronco sarà superata, mediamente, una volta ogni 10 anni. La piccola estensione dell'area drenata, oggetto di questo studio, consente ragionevolmente di prevedere che le piogge critiche siano quelle caratterizzate da durate inferiori all'ora.

I dati relativi ad ogni durata sono stati interpretati con la legge asintotica del massimo valore, o legge di Gumbel, largamente utilizzata per questo tipo di elaborazioni.

In pratica, per ciascuna durata, è stata individuata attraverso la legge di Gumbel la relazione tra altezza di precipitazione e tempo di ritorno. Successivamente, sono stati riportati su una carta *durata – altezza di precipitazione* i punti caratterizzati dallo stesso valore del tempo di ritorno, pari a 10 anni. Infine i punti tracciati sono stati regolarizzati attraverso la regressione di potenza (1), ottenendo la curva di possibilità pluviometrica riportata nel paragrafo seguente.



### **COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Nel nostro caso è stata utilizzata una curva di probabilità pluviometrica ricavata da uno Studio specifico condotto dall'Università di Pavia.

#### **7.2.2. Calcolo delle portate idriche**

Per il calcolo delle portate massime connesse con eventi meteorici intendi si è adottato il metodo dell'invaso italiano secondo la procedura proposta da Iannelli.

Adattando la normale prassi seguita per il calcolo delle fognature, le portate massime sono state calcolate considerando la seguente curva di possibilità pluviometrica:

$$h = at^n \quad (2)$$

in cui:

h = altezza di pioggia in mm

a = 50,29 mm/h

n = 0,61

t = durata della pioggia in ore.

Le portate meteoriche sono state calcolate utilizzando il metodo dell'invaso italiano.

Il metodo dell'invaso sfrutta per il calcolo delle portate di pioggia le capacità invasanti della rete. Le ipotesi di base del metodo sono la stazionarietà e linearità che comportano l'invarianza nel tempo delle trasformazioni che il bacino compie sugli input (afflussi) e la validità del principio di sovrapposizione degli effetti.

In fase di calcolo si ipotizza che il riempimento dei canali avvenga in modo sincrono e che nessuno dei canali determini fenomeni di rigurgito in tratti di canale a monte.

Il metodo si fonda essenzialmente sull'equazione di continuità.

Se si indica con W il volume invasato nel bacino, con q la portata transitante attraverso la sezione di chiusura z e con p la portata netta immessa in rete, per la continuità si ottiene:

$$p(t)dt - q(t)dt = dW \quad (3)$$

considerando costante l'intensità di pioggia ed individuando un legame funzionale tra W e q, si perviene alla fine ad una relazione in cui si esprime q in funzione del tempo t. In



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

particolare si fa riferimento alla relazione (valida nel caso in cui il moto vario si possa definire come sovrapposizione di moti uniformi):

$$W = K \varphi \quad (4)$$

che rappresenta un legame di tipo lineare tra il volume invasato ( $W$ ) e la sezione idrica ( $\square$ ). La successiva integrazione della suindicata equazione di continuità tra gli istanti  $t_1 = 0$  e  $t_1 = t_r$  (tempo di riempimento del canale, cui corrisponde una portata  $Q$ ) ci permette d'individuare qual è il tempo (tempo di riempimento  $t_r$ ) necessario perché il canale convogli la massima portata possibile:

$$t_r = \frac{W}{Q} \ln \left( \frac{p}{p-Q} \right) \quad (5)$$

Se allora l'evento meteorico d'intensità costante pari ad  $i$  ha una durata  $t_p < t_r$  nel canale non si raggiungerà il massimo livello previsto, che invece verrà raggiunto per  $t_p = t_r$ . Nel caso in cui dovesse risultare  $t_p > t_r$ , allora ci sarà un intervallo di tempo pari a  $t_p - t_r$  in cui il canale esonderà non essendo in grado di convogliare la portata in arrivo.

Appare ovvio, quindi, che la condizione di corretto proporzionamento dello speco è quella che si realizza nel caso in cui  $t_p = t_r$ , cioè nel caso in cui il tempo di pioggia eguagli proprio il tempo di riempimento del canale. In quest'ottica nasce il metodo dell'invaso italiano; se si impone l'uguaglianza tra tempo di pioggia e tempo di riempimento e si sostituiscono le espressioni analitiche si perviene ad una relazione del tipo seguente:

$$u = \frac{K \cdot n_0 \cdot (\varphi \cdot a')^{1/n_0}}{W^{(1/n_0 - 1)}} \quad (6)$$

dove:

$U$  = coefficiente udometrico (l/sec x ha);



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

**CUP: I15F21001700007**

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

K = costante pari a 2168 per condotte circolari ed ovoidali, 2518 per sezioni rettangolari e trapezie, 2878 per sezioni triangolari;

a' = coefficiente della curva di possibilità pluviometrica ragguagliato all'area;

n<sub>0</sub> = esponente della curva di possibilità pluviometrica che viene ragguagliato all'area ed alla variazione dell'afflusso meteorico;

W= volume d'invaso totale specifico (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>);

φ = coefficiente di afflusso alla rete (dimensionale).

I valori dei coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica sono stati ragguagliati all'estensione del bacino con la formulazione proposta dal Poggi e non ragguagliati alla variazione temporale del coefficiente di afflusso secondo la formulazione proposta da Fantoli:

$$a' = a \cdot [ 1 - 0,052 \cdot ( A/100 ) + 0,002 \cdot ( A/100 )^2 ] \quad (7)$$

$$n' = n + 0,0175 \cdot A/100 \quad (8)$$

$$n_0 = 4/3 n' \quad (9)$$

in cui A è l'area del bacino espressa in ettari (ha).

La scelta di non procedere al ragguaglio dell'esponente n<sub>0</sub> alla variabilità temporale del coefficiente d'afflusso è motivata dal fatto che, per eventi intensi di durata inferiore all'ora, l'incremento di 1/3 dell'esponente n conduce unicamente ad una drastica riduzione delle massime intensità degli eventi e conseguentemente delle corrispondenti portate critiche in fognatura.

Il coefficiente di afflusso alla fognatura φ è stato assunto sulla base delle indicazioni seguenti:



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Tipologia urbana	φ
Strade e parcheggi	0,80
Zone a villini	0,60
Giardini, prati e zone a verde	0,20

Per il volume dei piccoli invasi si è considerato il valore suggerito da Puppini, modificato sulla base delle esperienze di Artina, posto pari a  $w_0 = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

I volumi di invaso sono stati calcolati con l'equazione:

$$w = (w' + w_0) / 10.000 \quad (10)$$

dove  $w'$  viene ricavato in funzione dell'area scolante  $A$  e del volume dei piccoli invasi  $w_0$  secondo la relazione:

$$w' = w_0 \cdot 0,29 \cdot A^{0.227} \quad (11)$$

Per l'analisi della pluviometria e dei metodi di calcolo delle portate meteoriche si è fatto riferimento alle seguenti pubblicazioni:

- Acquedotti e fognature – CRA Università di Pavia, note integrative al corso
- Manuale d'Ingegneria Civile – 3° Edizione – Ed. Zanichelli/esac
- Sistemi di fognatura Manuale di progettazione – Ed. Centro Studi Deflussi Urbani – HOEPLI, Milano

### 7.2.3. Calcolo idraulico delle condotte a pelo libero

Il calcolo idraulico è stato effettuato secondo la normale prassi progettuale, ipotizzando condizioni di moto uniforme ed utilizzando la formula di Gauckler – Strickler:

$$Q_{\text{dim}} = k_s \times A \times R^{2/3} \times i^{0,5} \quad (12)$$

nella quale i simboli assumono il seguente significato:

$Q_{\text{dim}}$  = portata di dimensionamento ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$k_s$  = coefficiente di conduttanza idraulica, dipendente dalla tipologia di materiale;

$A$  = area bagnata ( $\text{m}^2$ );

$R$  = raggio idraulico (m);



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

$i$  = pendenza del tronco considerato (m/m).

Le condotte sono state inoltre dimensionate nel rispetto di un grado di riempimento limite variabile in dipendenza delle dimensioni delle sezioni, ovvero:

- $d \leq 400 \text{ mm}$ ,  $h/d \leq 0,5$
- $400 \text{ mm} < d \leq 600$ ,  $h/d \leq 0,6$
- $d > 600 \text{ mm}$ ,  $h/d \leq 0,7$

Nei calcoli, al coefficiente di conduttanza  $k_s$  è stato assegnato il valore 65, valido per le condotte in cemento armato.

La pendenza assegnata è dettata dalla cunetta stradale esistente.

Nelle tabelle 1B-2B-3B di seguito allegate si riportano i calcoli di dimensionamento delle condotte per il trasporto delle acque meteoriche. Nei calcoli si è volutamente tenuto separato il contributo “portato” dalla strada e dal versante per evidenziare separatamente le entità, inoltre, data l’incertezza della sistemazione di “versante” esistente si è preferito tenere un coefficiente cautelativo  $\phi = 0,4$ , via di mezzo tra quello consigliato per le Zone a villini ( $\phi = 0,6$ ) e quello per Giardini, prati e zone a verde ( $\phi = 0,2$ ).

<b>STRADA</b>	largh(m)	Lungh(m)	S(mq)	A(ha)
metà strada	2,85	189	538,65	0,053865
marciapiede	1,5	189	283,5	0,02835
TOT			822,15	0,082215

<b>VERSANTE</b>	largh(m)	Lungh(m)	S(mq)	A(ha)
lato marciapiede	10	189	1890	0,189
TOT			1890	0,189

**Tabella A:** Riferimenti superfici considerate nei calcoli.



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO - ESECUTIVO**

RETE ACQUE METEORICHE - Realizzazione di marciapiede pedonale e muro di contenimento - CANNETO PAVESE (PV)

CURVA DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA:		$h = a t^n$	a = 50,29	n = 0,61
TEMPO DI RITORNO =	TR = 10 anni		$\beta = 0,227$	$w_0 = 50$

**TAB. 1B - CALCOLO DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI RELATIVI ALLE SINGOLE AREE**

Contributo	Aree m <sup>2</sup>	Aree ha	a'	n'	n <sub>0</sub>	1/n <sub>0</sub>	1/n <sub>0</sub> - 1	r	w'	w	Φ	u* l/s x ha
<b>STRADA</b>	822	0,08	0,050	0,610	0,610	1,639	0,639	0,1645	8	0,0058	0,80	183,07
<b>VERSANTE</b>	1 890	0,19	0,050	0,610	0,610	1,639	0,639	0,1987	10	0,0060	0,40	57,68

**TAB. 2B - CALCOLO DELLE PORTATE DELLE ACQUE METEORICHE**

Contributo	Confluenze			Elementi Propri					Elementi Progressivi			Φ	u l/sxha	Q <sub>max</sub> l/s
	N° Tronco	Area Ridotta	Area Totale	Calcolo area ridotta					Area Effettiva	Area Ridotta	Area Effettiva			
				Φ <sub>1</sub>	Φ <sub>2</sub>	Φ <sub>3</sub>	Φ <sub>4</sub>	Area Ridotta totale						
				0,8	0,6	0,4	0,2	ha						
ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha						
STRADA	2			0,082				0,066	0,08	0,066	0,082	0,80	183,07	15
VERSANTE	2					0,189		0,076	0,19	0,076	0,189	0,40	57,68	11
STRADA	2	0,066	0,082											
VERSANTE	2	0,076	0,189											

La portata totale riferita al tronco 2 è quindi pari a  $Q_{tot} = 15 + 11 = 26$  l/s.

La verifica della tubazione è stata effettuata considerando la portata totale e la pendenza dell'ultimo tratto in quanto tale contributo idrico si verifica effettivamente in tale condizione.

La pendenza media degli ultimi 30m del tronco n.2 è pari a circa  $i = 0.0206$  m/m = 2.0%.

Con tale pendenza la portata massima smaltibile da una tubazione DN300 in CLS è pari a  $Q_{max} = 107$  l/s con un grado di riempimento del 75%.



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

N° Tronco	Q max. pioggia (l/s)	Q max. Tubaz. (l/s)	Diametro D della Tubazione (mm)	Pend. (%)	Coeff. K (m <sup>1/3</sup> /s)	Velocità effettiva tubazione (m/s)	Altezza d'acqua h (cm)	Grado di riempimento h/D (%)
2	26	107	300	2,06	65	1,35	9,87	33,0

$Q_{\text{pioggia}} < Q_{\text{max tubazione}}$  **verificato**

26 ls < 107 l/s **verificato**

Come si evince dalla precedente tabella la tubazione è abbondantemente verificata.

Si è voluto comunque mantenere la scelta del diametro tubazione DN300 per evitare problemi di eventuale interrimento/intasamento e anche in concomitanza del fatto che il tratto tombinato esistente, è stato realizzato con tubazioni di diametro iniziale DN 200 e finale DN400.

Il muro in progetto risulta essere a sostegno della scarpata a monte (versante Nord).

Tale scarpata è la parte finale di una zona agricola coltivata a vite. La zona agricola in questione ha una pendenza superficiale con inclinazione verso Sud.

Pertanto, per evitare che eventuali fenomeni di ruscellamento sulla superficie dei campi coltivati (che si potrebbero instaurare durante gli eventi piovosi di breve durata e forte intensità) siano causa di probabili sversamenti terrosi al di sopra del muro di sostegno in progetto con conseguente interessamento della sede stradale, si consiglia cautelativamente di prevedere la realizzazione di un canale/fosso “in testa” alla suddetta scarpata per una lunghezza pari ai tratti interessati dal progetto.



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

**CUP: I15F21001700007**

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

Tale canale risulterebbe essere una barriera efficace contro i trasporti terrosi su citati, evitando così possibili disagi alla circolazione stradale. Il fosso dovrà essere mantenuto periodicamente libero dai materiali terrosi ed erbosi (con cadenza minima 3 mesi) per permettere il regolare deflusso delle acque al suo interno.

**7.2.4. Pozzetto di calma in ingresso al tratto tombinato esistente**

In corrispondenza del collegamento tra tratto 2 e tratto 3 avviene un cambio di diametro della tubazione in c.a. da DN300 (tubazione di progetto) a DN200 (tubazione esistente). La giunzione verrà effettuata tramite un pozzetto di dimensioni superiori a quelle degli altri pozzetti in progetto.

Le dimensioni del nuovo pozzetto sono: 100x100 cm e h=1,50m.

Tale pozzetto è stato ipotizzato volutamente più grande di tutti gli altri, e con un'altezza maggiore, al fine di consentire a eventuali materiali terrosi trasportati di decantare.

Il fondo del pozzetto funzionerà quindi come vasca di calma/decantazione per i materiali terrosi derivanti dalle piogge.

Durante l'esecuzione dei lavori bisognerà avere cura di allineare i “cieli” delle tubazioni in modo che se la condotta di valle esistente in uscita al pozzetto (DN200), durante un evento piovoso raggiunge un grado di riempimento massimo (70%), allora la condotta di monte (DN300 in ingresso al pozzetto) non raggiunga un funzionamento in pressione.



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Inoltre si fa notare che, circa 75 m più a valle, la tubazione DN 200 cambia di diametro in quanto era stata posata una tubazione DN400 (esistente) che è in grado di convogliare portate idriche maggiori di tutte le precedenti.

**Nota:**

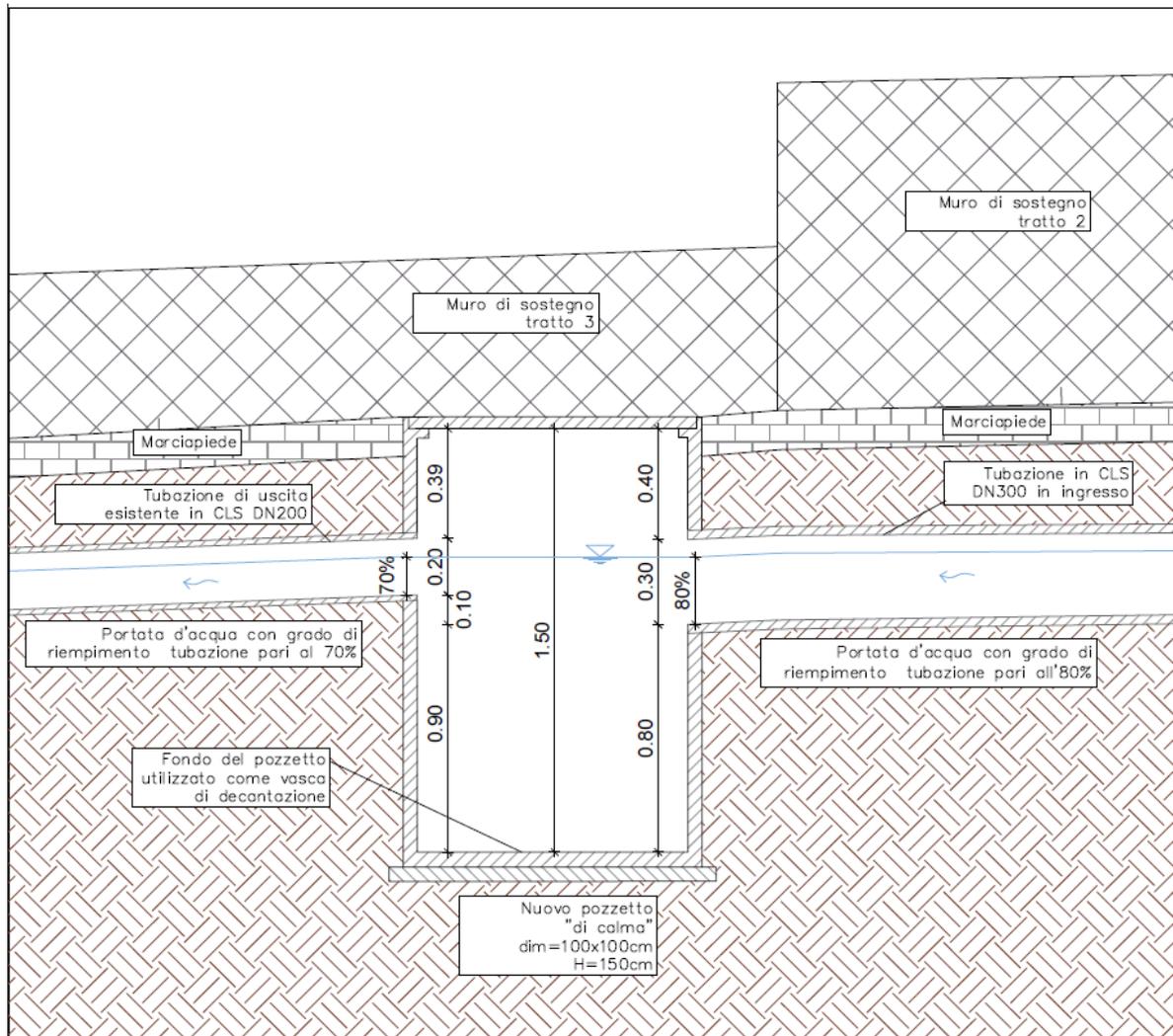
Si veda l'immagine sottostante esplicativa del cambio di tubazione e del livello dell'acqua con grado di riempimento massimo all'interno del pozzetto “di calma” da posizionare all'inizio del tratto esistente tombinato.

Si prescrive di dare corso, durante la vita dell'opera, a una manutenzione (pulizia) delle condotte e dei pozzetti con cadenza minima semestrale, al fine di rimuovere eventuali materiali terrosi depositatisi all'interno, che andrebbero a diminuire la capacità idraulica del sistema di smaltimento.



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**

CUP: I15F21001700007  
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO - ESECUTIVO



Schema nuovo pozzetto "di calma".



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**7.2.5. Verifica intero tratto**

Nel presente paragrafo si estende la verifica anche al tratto finale (Tratto 4), quindi tenendo conto del contributo idrico lungo tutto lo sviluppo della tubazione, ovvero Tratto 2 + Tratto 3 + Tratto 4, avente una lunghezza totale pari a

$$L_{tot} = 189m + 147m + 27m = 363 \text{ m}$$

Per cui le aree considerate diventano le seguenti:

<b>STRADA</b>	largh(m)	Lungh(m)	S(mq)	A(ha)
metà strada	2,85	363	1034,55	0,103455
marciapiede	1,5	363	544,5	0,05445
TOT			1579,05	0,157905

<b>VERSANTE</b>	largh(m)	Lungh(m)	S(mq)	A(ha)
lato marciapiede	10	363	3630	0,363
TOT			3630	0,363

Si riportano le tabelle di verifica della tubazione riferite a tale contributo, considerando la pendenza longitudinale dell'ultimo tratto pari a 2,26%.

CURVA DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA:		$h = a t^n$		a = 50,29	n = 0,61							
TEMPO DI RITORNO =		TR = 10 anni		$\beta = 0,227$	$w_0 = 50$							
TAB. 1B - CALCOLO DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI RELATIVI ALLE SINGOLE AREE												
Contributo	Aree m <sup>2</sup>	Aree ha	a'	n'	n <sub>0</sub>	1/n <sub>0</sub>	1/n <sub>0</sub> - 1	r	w'	w	Φ	u* l/s x ha
<b>STRADA</b>	1 579	0,16	0,050	0,610	0,610	1,639	0,639	0,1907	10	0,0060	0,80	180,46
<b>VERSANTE</b>	3 630	0,36	0,050	0,610	0,610	1,639	0,639	0,2304	12	0,0062	0,40	56,72



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO - ESECUTIVO**

**TAB. 2B - CALCOLO DELLE PORTATE DELLE ACQUE METEORICHE**

Contributo	Confluenze			Elementi Propri					Elementi Progressivi			Φ	u l/sxha	Qmax l/s
	N° Tronco	Area Ridotta	Area Totale	Calcolo area ridotta					Area Effettiva	Area Ridotta	Area Effettiva			
				Φ <sub>1</sub>	Φ <sub>2</sub>	Φ <sub>3</sub>	Φ <sub>4</sub>	Area Ridotta totale						
				0,8	0,6	0,4	0,2							
ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha					
STRADA	4			0,158				0,126	0,16	0,126	0,158	0,80	180,46	28
VERSANTE	4						0,363	0,145	0,36	0,145	0,363	0,40	56,72	21
STRADA	4	0,126	0,158											
VERSANTE	4	0,145	0,363											

**TAB. 3B - DIMENSIONAMENTO TUBAZIONE IN CLS DN300/400**

N° Tronco	Q max. pioggia (l/s)	Q max. Tubaz. (l/s)	Diametro D della Tubazione (mm)	Pend. (%)	Coeff. K (m <sup>1/3</sup> /s)	Velocità effettiva tubazione (m/s)	Altezza d'acqua h (cm)	Grado di riempime nto h/D (%)
4	49	112	300	2,26	65	1,67	13,69	45,0
4	49	241	400	2,26	65	1,60	11,55	29,0

$$Q_{\text{pioggia}} < Q_{\text{max tubazione}}$$

$$49 \text{ l/s} < 112 \text{ l/s} \quad \text{verificato DN300}$$

$$49 \text{ l/s} < 247 \text{ l/s} \quad \text{verificato DN400}$$

Come si evince dalla precedente tabella la tubazione risulta essere verificata.

**7.3. VERIFICA DELLE RETI DI DRENAGGIO**

**7.3.1. Verifica interasse caditoie**

Le caditoie sono costituite da una luce d'intercettazione, da un pozzetto sottostante e da una condotta che, prossima alla verticale raggiunge la dorsale costituita da tubazioni in acciaio.

Il dimensionamento dell'interasse da assegnare alle caditoie è effettuato imponendo che, a fronte di uno scroscio di pioggia con un tempo di ritorno di 20 anni, non si abbia sul margine esterno della banchina un velo liquido superiore a qualche centimetro.



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

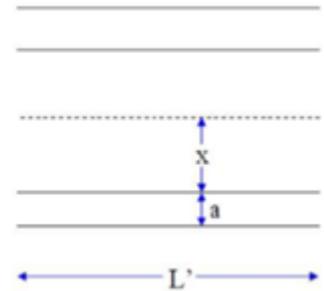
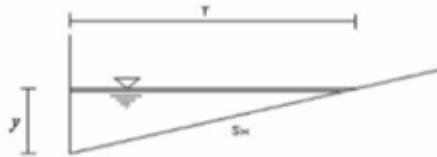
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

La portata in cunetta “Q” [m<sup>3</sup>/s], che permette di avere un tirante idrico minore dell’altezza del cordolo del marciapiede, è valutata con la formula riportata in seguito (“Fognature”, Da Deppo – Datei):

$$Q = \frac{C_f}{n} \times S_x^{5/3} \times T^{8/3} \times S_0^{1/2} \quad (1)$$



laddove si è posto:

$$C_f = 0,315$$

- T = massima larghezza ammessa in sommità della sezione bagnata espressa in [m];
- n = coefficiente di scabrezza secondo Manning, pari all’inverso del coefficiente di scabrezza valutato secondo Strickler. In pratica si ha che:  $n = 1/ks$ ;
- $S_x$  = pendenza trasversale della cunetta;
- $S_0$  = pendenza longitudinale della strada;
- y = tirante idrico, ossia l’altezza del pelo libero in corrispondenza del marciapiede.

Calcolata la portata “Q” in [m<sup>3</sup>/s] per stabilire quante caditoie occorrono lungo il tratto di strada interessato dall’intervento in oggetto, occorre calcolare la lunghezza del tratto di strada che permette di avere nella corrispondente cunetta proprio quella portata massima.

Per il calcolo della portata suddetta si utilizza la formula razionale dei deflussi:

$$Q = \frac{C \times I}{3,6} \times (x + a) * L' \quad (2)$$

- C = coefficiente di deflusso in funzione della superficie drenata [adimensionale];
- I = intensità di pioggia espressa in mm/h;
- x = larghezza di una falda in km;
- a = larghezza marciapiede (se presente) in km;
- L' = lunghezza del tratto di strada interessata in km.

Se la lunghezza L' così ottenuta risulta essere minore della lunghezza complessiva della strada in esame, allora vanno disposte caditoie intermedie.

Il tirante idrico risulta:

$$y = T \times S_x \quad (3)$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

y = altezza del pelo libero in corrispondenza del cordolo.  
y < h\* dove h\* è l'altezza del cordolo

Considerando la prima caditoia all'inizio della strada, la seconda caditoia sarà posizionata ad una distanza non superiore a L' data da:

$$L' = [3,6 \times Q] / [C \times I \times (x + a)] \text{ espressa in km}$$

dove:

I = intensità di pioggia mm/h;  
C = coefficiente di deflusso.

Verificare che l'interasse teorico risulta maggiore a quello delle caditoie presenti:

$$L'_{\text{esist}} < L'$$

La procedura della verifica del sistema di drenaggio è la seguente:

Imponendo  $L' = L'_{\text{prog}}$  (il sistema delle acque di raccolta delle acque meteoriche è costituito da una linea di 15 caditoie poste a passo di 30 m) si ricava dalla formula riportata sopra **(2)** la portata Q, a questo punto tramite la **(1)** si ricava la T e tramite la **(3)** si verifica che l'altezza del pelo libero sia inferiore al cordolo.

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso C (coefficiente di impermeabilità) esso misura il rapporto tra le acque che scorrono sulla superficie e le precipitazioni e quindi è pari alla percentuale di piogge che si trasformano in deflussi; esso dipende da numerosi fattori, di seguito vengono riportati, in maniera sintetica i valori del coefficiente di deflusso utilizzati (American Federal Highway Administration):

Tabella 7 – Valori del coefficiente di deflusso (Hydraulic Engineering Circular No. 22, Third Edition intitolato “Urban Drainage Design Manual” della Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation)

Type of Drainage Area	Runoff Coefficient, C*
Streets:	
Asphaltic	0.70 - 0.95
Concrete	0.80 - 0.95
Brick	0.70 - 0.85
*Higher values are usually appropriate for steeply sloped areas and longer return periods because infiltration and other losses have a proportionally smaller effect on runoff in these cases.	

Il coefficiente di deflusso C è stato assunto pari a 0.8 (stante la presenza di pavimentazione in asfalto drenante). L'altezza dei cordoli è pari a 12 cm in tutti i tratti. Per il coefficiente di



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Strickler, è stato adottato il valore  $k_s = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  in modo da rappresentare la pavimentazione in asfalto e considerare l'ingresso della caditoia in cemento. Di seguito sono riportati i calcoli effettuati

Tabella 8 – Portata affluente alle caditoie

	$k_s$ m <sup>1/3</sup> /s	$S_x$ m/m	$S_y$ m/m	T m	I mm/h	C -	x m	a m	L' m	Q <sub>cun</sub> mc/s	<b>Q<sub>cun</sub></b> l/s	y m	<b>y</b> cm
Caditoia	70	0.015	0.038	0,66	132,75	0.8	2,5	1,3	30	0,00336	<b>3,36</b>	0.0099	<b>0.99</b>

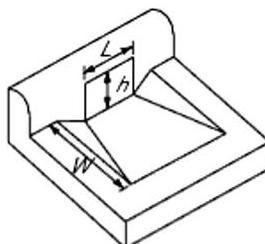
Nota la portata che arriva in ogni singola caditoia, si può procedere alla verifica delle dimensioni delle caditoie.

**7.3.2. Verifica delle dimensioni delle caditoie**

La rete di drenaggio della strada è costituita da caditoie a bocca di lupo.

Le formule utilizzate nel calcolo dell'efficienza delle caditoie sono quelle riportate nell'Hydraulic Engineering Circular No. 22, Third Edition intitolato “Urban Drainage Design Manual” della Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation, di seguito riportate:

**Caditoie a gola di lupo con invito depresso**



**b. Curb Opening Inlet**

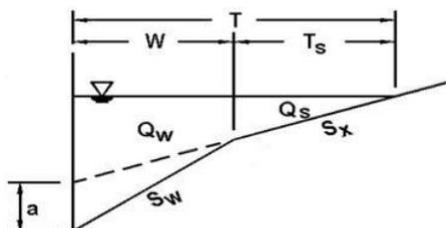


**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO



Compound Gutter Cross Slope

Figura 10 – Caditoia a gola di lupo con invito depresso

Nel caso in esame si assume  $L = 0.40$  m,  $h = 100$  mm,  $W = 0.30$  m (l'invito laterale alla bocca di lupo ha una larghezza di 30 cm e una pendenza del 1.5%).

$L$ : lunghezza della gola di lupo;

$h$ : altezza della gola di lupo;

$W$ : larghezza invito.

$$L_T = K_T Q^{0.42} S_L^{0.3} [1 / (n S_e)]^{0.6}$$

dove:

$L_T$ : lunghezza apertura necessaria per intercettare il 100 % della portata della cunetta;

$K_T$ : 0.817;

$S_L$ : pendenza longitudinale;

$S_e$ : pendenza trasversale equivalente;

$n$ : coefficiente di scabrezza di manning.

$$S_e = S_x + S'_w E_0$$

dove:

$S'_w$ : pendenza trasversale dell'invito misurata dalla pendenza trasversale della pavimentazione;

$S'_w = a / (1000 W)$ , con  $a$  in mm e  $W$  in metri;

$E_0$ : quantità di portata incidente nell'invito rispetto alla portata della cunetta.

L'efficienza della caditoia  $E$  rappresenta la quantità di portata captata dalla caditoia rispetto alla portata proveniente da monte (portata cunetta + portata rimanente non captata dalla caditoia di monte):

$$E = 1 - [1 - (L / L_T)]^{1.8}$$

Con  $E=1$  si intende che tutta la portata è stata captata dalla caditoia.



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
CUP: I15F21001700007  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Di seguito si riporta la planimetria con l’indicazione del nome e della posizione delle caditoie e i calcoli di verifica eseguiti.

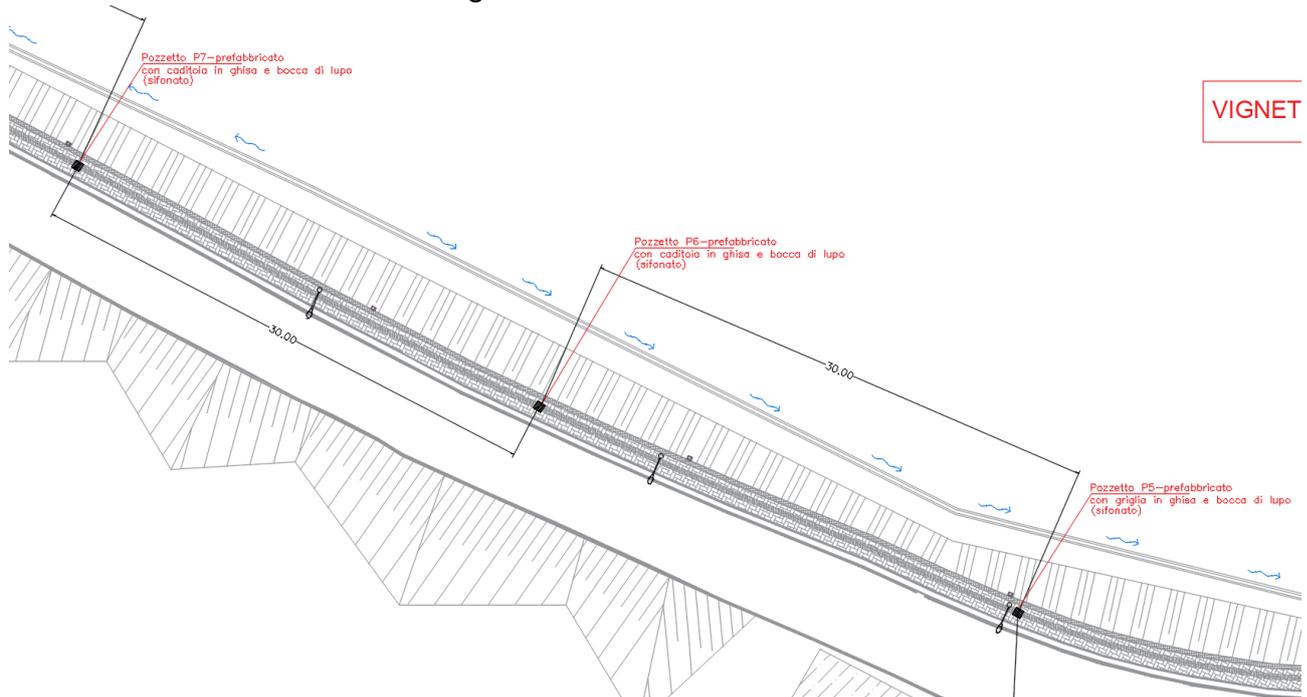


Figura 11 – Posizione indicativa interasse caditoie



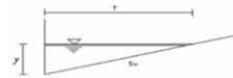
**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

**VERIFICA INTERASSE CADITOIE / BOCCHIE DI LUPO**

**Calcolo della massima larghezza ammessa in sommità della sezione bagnata**

**I**

$$Q = \frac{C_f}{n} \times S_x^{5/3} \times T^{8/3} \times S_0^{1/2}$$



Iaddove si è posto:

$C_f = 0,315$

T = massima larghezza ammessa in sommità della sezione bagnata espressa in [m]  
 Cf =  
 n = coefficiente di scabrezza secondo Manning, pari all'inverso del coefficiente di scabrezza valutato secondo Strickler. In pratica si ha che: n = 1/ks =  
 S<sub>x</sub> = pendenza trasversale della cunetta  
 S<sub>0</sub> = pendenza longitudinale della strada  
 y = tirante idrico, ossia l'altezza del pelo libero in corrispondenza del marciapiede=

0,315
0,014286
0,015 %
0,038 %

T = **0,6638691** [m]      Massima larghezza ammessa in sommità della sezione bagnata in correlazione con pendenza della strada e intensità di pioggia

**Calcolo portata in cunetta "Q" [m3/s]**

$$Q = \frac{C \times I}{3,6} \times (x + a) \times L' \quad \mathbf{2}$$

C = coefficiente di deflusso in funzione della superficie drenata = **0,8**  
 I = intensità di pioggia espressa in mm/h = **132,752**  
 x = larghezza di una falda in km = **0,0025**  
 a = larghezza marciapiede (se presente) in km = **0,0013**  
 L' = lunghezza del tratto di strada interessata in km = **0,03**

Q = **0,00336305** mc/s      **3,363050667** l/s      portata in cunetta

**Tirante idrico, ossia l'altezza del pelo libero in corrispondenza del marciapiede Y**

$$y = T \times S_x \quad \mathbf{3}$$

y = **0,00995804** m      **0,995803645** cm      verificato solo se >h=12cm      y < h\* dove h\* è l'altezza del cordolo

**Interasse cunette di progetto**

$$L' = [3,6 \times Q] / [C \times I \times (x + a)] \text{ espressa in km}$$

L' progetto = **0,03** km      **30** m      verificato se L' progetto <= L' esistente

Verificare che l'interasse teorico risulta maggiore a quello delle caditoie presenti: L'esist < L'

L esistente = 30m

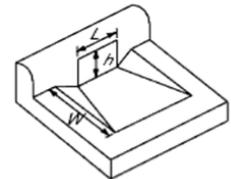


**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
CUP: I15F21001700007  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

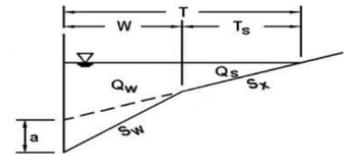
**VERIFICA DELLE DIMENSIONI DELLE CADITOIE**

Nel caso in esame si assume:

L: lunghezza della gola di lupo di progetto	0,4 [m]
h: altezza della gola di lupo	100 [mm]
W: larghezza invito	0,3 [m]
SL= pendenza longitudinale	0,038 %



**b. Curb Opening Inlet**



*Compound Gutter Cross Slope*

**Calcolo della lunghezza apertura necessaria per intercettare il 100 % della portata della cunetta**

$$L_T = K_T Q^{0.42} S_L^{0.3} [1 / (n S_x)]^{0.6}$$

L <sub>T</sub> : lunghezza apertura necessaria per intercettare il 100 % della portata della cunetta=	0,7048748 [m]
K <sub>T</sub> :	0,817
S <sub>L</sub> : pendenza longitudinale	0,038
S <sub>e</sub> : pendenza trasversale equivalente	0,3240062
n: coefficiente di scabrezza di manning	0,0142857
Q=	0,0033631

**Calcolo della pendenza trasversale equivalente**



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

$$S_e = S_x + S'_w E_o$$

a= dislivello tra la proiezione di Sx e Sw'

99,5 [mm]

S'w: pendenza trasversale dell'invito misurata dalla pendenza trasversale della pavimentazione

S'w = a / (1000 W), con a in mm e W in metri

0,331667

E0: quantità di portata incidente nell'invito rispetto alla portata della cunetta= a1/(a1/a2)

0,931677

Se: pendenza trasversale equivalente=

0,324006

a1=

0,015 [m2]

a2=

0,0011 [m2]

L'efficienza della caditoia E rappresenta la quantità di portata captata dalla caditoia rispetto alla portata proveniente da monte (portata cunetta + portata rimanente non captata dalla caditoia di monte):

$$E = 1 - [1 - (L / L_T)]^{1,8}$$

Con E=1 si intende che tutta la portata è stata captata dalla caditoia

E=

0,778783665

77,87837 %

Più E = 1, (100%) più L'efficienza delle caditoie progettate è migliore

### **7.3.3. Conclusioni**

Le caditoie a bocca di lupo sono state progettate per avere un foro di ingresso di altezza 10 cm e di larghezza 40 cm, che portano ad avere una efficienza delle caditoie pari a 0,778 (78%), e sono state verificate per riuscire a far confluire la portata calcolata sulla massima intensità considerata per il territorio oggetto di intervento; sono quindi state previste 15 caditoie a bocca di lupo con interasse di 30 m.



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

### 8. CALCOLO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO

#### 8.1. AZIONE SISMICA

Per la zona sita in comune di Canneto Pavese l'azione sismica  $ag/g = 0,29$  (nella condizioni di spettro di risposta in condizione elastica su livello di plateau massimo a vantaggio di sicurezza) – vedasi l'allegato:

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>			
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="50"/>			
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="475"/>			
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="975"/>			

Elaborazioni

- Grafici parametri azione ▶▶▶
- Grafici spettri di risposta ▶▶▶
- Tabella parametri azione ▶▶▶

#### Strategia di progettazione

State	Return Period $T_R$ [anni]
SLO	30
SLD	50
SLV	475
SLC	975

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- - - □ - - - Strategia scelta

INTRO	FASE 1	FASE 2	FASE 3
-------	--------	--------	--------



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO**

Stato Limite  
Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale  
Categoria di sottosuolo **B** info  $S_B = 1.200$   $C_C = 1.423$  info  
Categoria topografica **T3** info  $h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale  
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%) **5**  $\eta = 1.000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_0$  **1** Regol. in altezza **sì** info

Compon. verticale  
Spettro di progetto Fattore  $q$  **1**  $\eta = 1.000$  info

Elaborazioni  
Grafici spettri di risposta  
Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.092 g
$F_0$	2.440
$T_C$	0.276 s
$S_s$	1.200
$C_C$	1.423
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.131 s
$T_C$	0.393 s
$T_D$	1.969 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $\eta/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

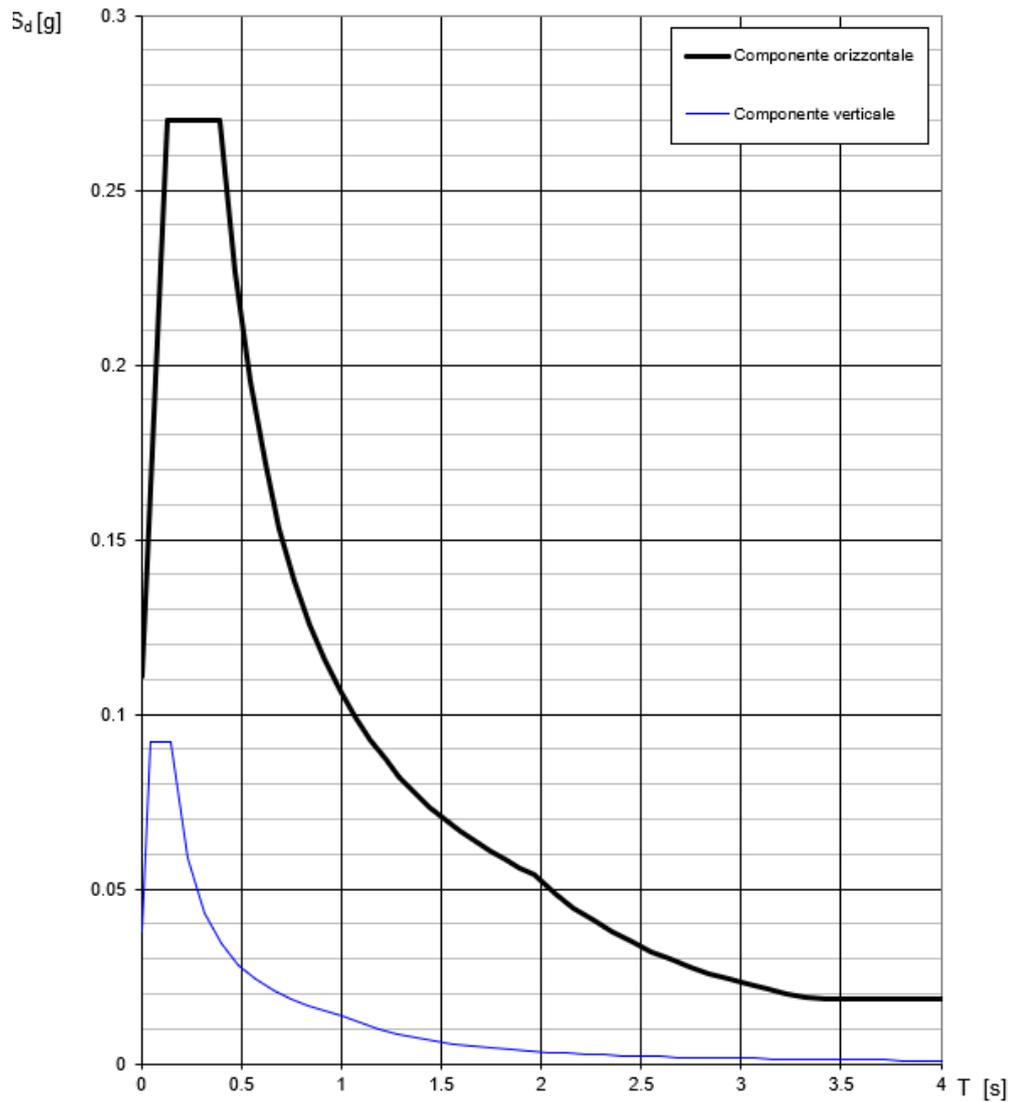
**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.111
$T_B \leftarrow$	0.131	0.270
$T_C \leftarrow$	0.393	0.270
	0.468	0.227
	0.543	0.195
	0.618	0.172
	0.693	0.153
	0.768	0.138
	0.843	0.126
	0.918	0.116
	0.993	0.107
	1.068	0.099
	1.143	0.093
	1.218	0.087
	1.293	0.082
	1.368	0.078
	1.444	0.073
	1.519	0.070
	1.594	0.067
	1.669	0.064
	1.744	0.061
	1.819	0.058
	1.894	0.056
$T_D \leftarrow$	1.969	0.054
	2.066	0.049
	2.162	0.045
	2.259	0.041
	2.356	0.038
	2.453	0.035
	2.549	0.032
	2.646	0.030
	2.743	0.028
	2.839	0.026
	2.936	0.024
	3.033	0.023
	3.130	0.021
	3.226	0.020
	3.323	0.019
	3.420	0.018
	3.516	0.018
	3.613	0.018
	3.710	0.018
	3.807	0.018
	3.903	0.018
	4.000	0.018



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”  
CUP: I15F21001700007  
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**





**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**8.2. VERIFICA A RIBALTAMENTO**

Nella verifica a ribaltamento è stato scelto come punto di rotazione il vertice in basso a valle della fondazione.

Il Momento Ribaltante è dovuto alla componente orizzontale della spinta del terreno e l'azione orizzontale dovuta alla sisma; il Momento Stabilizzante è dovuto al peso proprio del muro e al terreno a tergo.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra Momento Stabilizzante e Momento Ribaltante.

Per eseguire la verifica a ribaltamento si utilizza l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Condizione di verifica:

$$M_{\text{stabilizzante}} > M_{\text{ribaltante}}$$

<u>Azioni (Tab. 6.2.I NTC18)</u>	<u>EQU</u>	<u>A1</u>	<u>A2</u>
Permanenti favorevoli	0,9	1,0	1,0
Permanenti sfavorevoli	1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali favorevoli	0,8	0,8	0,0
Permanenti non strutturali sfavorevoli	1,5	1,5	1,3
Variabili favorevoli	0,0	0,0	0,0
Variabili sfavorevoli	1,5	1,5	1,0
<u>Parametri geotecnici (Tab. 6.2.II NTC18)</u>	<u>Parametro</u>	<u>M1</u>	<u>M2</u>
Tangente dell'angolo di resistenza	$\tan \varphi'_k$		1,0
1,25			
al taglio			
Coesione efficace	$c'_k$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_Y$	1,0	1,0



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO - ESECUTIVO

Resistenze (Tab. 6.5.1 NTC18)

		<u>R3</u>
Capacità portante della fondazione		1,4
Scorrimento	1,1	
Ribaltamento	1,15	
Resistenza del terreno a valle		1,4

Parametri geotecnici

Peso per unità di volume terreno	= 18.00 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	= 23°

Azioni

Permanentemente favorevoli:	peso proprio muro e fondazione
Permanentemente sfavorevoli:	spinta terreno (componente orizzontale e verticale)
Permanentemente non strutturali favorevoli:	nessuno
Permanentemente non strutturali sfavorevoli:	nessuno
Variabili favorevoli:	nessuno
Variabili sfavorevoli:	nessuno



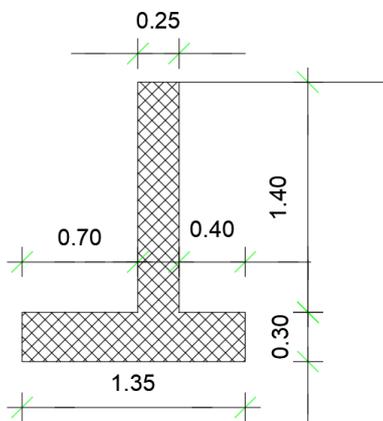
**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**8.2.1. Muro di sostegno di sezione tipologica 2 (Vedasi Tav E-T 07) :**



$\gamma_{\text{terreno}}$  = peso proprio del terreno argilloso = 18 kN/m<sup>3</sup>

$\gamma_{\text{cls}}$  = peso proprio del cemento armata = 25 kN/m<sup>3</sup>

**A- Calcolo del momento stabilizzante dovuto al peso del muro di sostegno ed il terreno a tergo**

Oggetto	Altezza	Larghezza
<b>Area</b>		
1) Muro	1,40 m	0,35 m <sup>2</sup>
2) Fondazione	0,30m	1,35 m
0,405 m <sup>2</sup>		
3) terreno	1,40 m	0,56 m <sup>2</sup>



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Muro di sostegno

Valutazione della forza verticale

	Area [m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$W_i$ [kN/m]	$d_i$ [m]	$M_i$ [kNm/m]
1) $G_k$ muro	0,35	25	8,75	0,825	7,22
2) $G_k$ fondazione	0,405	25	10,13	0,675	6,83
3) $G_k$ terreno	0,56	18	10,08	1,15	11,59
		$W_{TOT}$	28,96	$M_{TOT}$	25,65

$$D \text{ tot} = 25,65 \text{ kNm/ml} / (28,96 \text{ kN/m}) = 0,89 \text{ ml}$$

$$\mathbf{M_{stab} = 25,65 \text{ kNm/m}}$$

**B- Calcolo del momento ribaltante (Teoria di Rankine) dovuto alle spinte attiva e passiva**

Per il calcolo della spinta del terreno si fa riferimento ai parametri geotecnici A:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{terrenoA}} \cdot \cos(i) \cdot K_A \cdot h^2$$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{terrenoA}} \cdot \cos(i) \cdot K_p \cdot h^2$$

dove  $K_a$  è il coefficiente di spinta attiva determinabile tramite l'espressione:

$$K_a = \text{Tang}^2 (45 - 23/2) = 0,44$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

$K_p$  è il coefficiente di spinta passiva:

$$K_p = \text{Tang}^2 (45+23/2) = 2,28$$

in cui  $i = 0^\circ$  è l'angolo di inclinazione del pendio e  $\varphi = 23^\circ$  è l'angolo di attrito.

Pertanto, risulta:

$$P_a = \frac{1}{2} * 18\text{kN/mc} * \cos(i) * 0,44 * 1,70^2 = \frac{1}{2} * 18\text{kN/mc} * 1,00 * 0,44 * 1,70^2 = 11,44 \text{ kN/m}$$

$$P_p = \frac{1}{2} * 18\text{kN/mc} * \cos(i) * 2,28 * 0,30^2 = \frac{1}{2} * 18\text{kN/mc} * 1,00 * 2,28 * 0,30^2 = 1,85 \text{ kN/m}$$

I coefficienti parziali  $\gamma_G$  relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. della normativa NTC018, Ad essi deve essere fatto riferimento con le precisazioni riportate nel § 2.6.1. Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali):

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_G$

Quindi :

$$P_a = 11,44 \text{ kN/m} * 1,30 = 14,87 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.U.}$$

$$P_p = 1,85 \text{ kN/m} * 1,30 = 2,41 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.U.}$$



### **COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

## **AZIONI IN CONDIZIONI STATICHE**

Il momento ribaltante è dato dalla somma di tali forze moltiplicate per i relativi bracci d'azione:

$$M_{rib} = P_a * H/3 - P_p * h/3 = (11,44 \text{ kN/m} * 1,70 \text{ ml}/3) - (1,85 \text{ kN/m} * 0,30 \text{ ml}/3) = 6,30 \text{ kNm}$$

In S.L.E.

$$M_{rib} = P_a * H/3 - P_p * h/3 = (14,87 \text{ kN/m} * 1,70 \text{ ml}/3) - (2,41 \text{ kN/m} * 0,30 \text{ ml}/3) = 8,19 \text{ kNm}$$

In S.L.U.

## **AZIONE IN CONDIZIONE SISMICA**

Le masse soggette all'azione sismica sono:

$$p.p \text{ del muro di sostegno} = 2500 \text{ daN/mc} * 0,25 \text{ ml} * 1,70 \text{ ml} * 1,00 \text{ ml} =$$

$$1.062,50 \text{ daN}$$

$$p.p \text{ del cuneo di terreno retrostante il muro} = 1800 \text{ daN/mc} * 0,50 \text{ ml} * 1,00 \text{ ml} * 1,40 \text{ ml} =$$

$$\underline{1.330,00 \text{ daN}}$$

Totale delle masse

2.392,50 daN

$$\text{Forza sismica agente} = F_{h/sisma} = 2.392,50 \text{ daN} * 0,27 = 645,90 \text{ daN} \quad \text{con } \mathbf{ag/g = 0,27}$$

punto di applicazione della forzante sismica agente sul muro di sostegno è pari da B =

$$H/2 = 1,70 \text{ ml} / 2 = 0,85 \text{ ml}$$

$$\text{Momento-ribaltante generato dall'azione sismica} = 645,90 \text{ daN} * 0,85 \text{ ml} = 549,00 \text{ daNm}$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**Momento ribaltante tot. = Mrib. Satico + Mrib. Sismico = (1.144,0 daN \* 1,70ml/3)\*1,40 + 549,daNml = 1.457,00 daNml**

Nella verifica agli stati limite di esercizio il coefficiente di sicurezza risulta:

$$C.S. = \frac{M_{STAB}}{M_{RIB}} = \frac{25,65 \text{ KNm}}{14,57 \text{ KNm}} = 1,76 > 1,5 \quad \text{In S.L.E.} \quad \underline{\text{Verificato}}$$

Nella verifica agli stati limite ultimi, i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti. è pari a:

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

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

Applicando tutti i coefficienti parziali dell'Approccio 2 (A1+M1+R3), Il coefficiente di sicurezza risulta:

$$C.S. = \frac{M_{STAB}}{M_{RIB}} = \frac{25,65 \text{ KNm}}{14,57 \text{ KNm}} = 1,53 > 1,00 \quad \text{In S.L.U.} \quad \underline{\text{Verificato}}$$



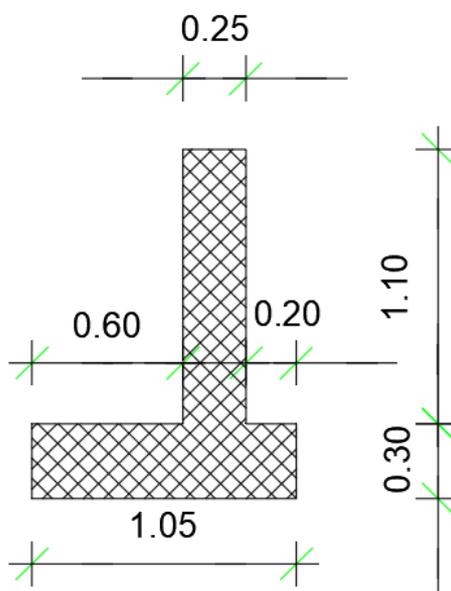
**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**8.2.2. Muro di sostegno di sezione tipologica 4 (Vedasi Tav E-T 07) :**



$\gamma_{\text{terreno}}$  = peso proprio del terreno argilloso = 18 kN/m<sup>3</sup>

$\gamma_{\text{cls}}$  = peso proprio del cemento armata = 25 kN/m<sup>3</sup>

**A- Calcolo del momento stabilizzante dovuto al peso del muro di sostegno ed il terreno a tergo**

Oggetto	Altezza	Larghezza
<b>Area</b>		
1) Muro	1,10 m	0,275 m <sup>2</sup>
2) Fondazione	0,30m	1,05 m
m <sup>2</sup>		0,315
3) terreno	1,10 m	0,22 m <sup>2</sup>



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Muro di sostegno

Valutazione della forza verticale

	Area [m <sup>2</sup> ]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	W <sub>i</sub> [kN/m]	d <sub>i</sub> [m]	M <sub>i</sub> [kNm/m]
1) G <sub>k</sub> muro	0,275	25	6,88	0,72	4,95
2) G <sub>k</sub> fondazione	0,315	25	7,88	0,53	4,18
3) G <sub>k</sub> terreno	0,22	18	3,96	0,95	3,76
		W <sub>TOT</sub>	18,72	M <sub>TOT</sub>	12,89

$$D_{\text{tot}} = 12,89 \text{ kNm/ml} / (18,72 \text{ kN/m}) = 0,69 \text{ ml}$$

M <sub>stab</sub> = 12,89 kNm/m
---------------------------------

**B- Calcolo del momento ribaltante (Teoria di Rankine) dovuto alle spinte attiva e passiva**

Per il calcolo della spinta del terreno si fa riferimento ai parametri geotecnici A:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{terrenoA}} \cdot \cos(i) \cdot K_A \cdot h^2$$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{terrenoA}} \cdot \cos(i) \cdot K_p \cdot h^2$$

dove K<sub>a</sub> è il coefficiente di spinta attiva determinabile tramite l'espressione:

$$K_a = \text{Tang}^2 (45 - 23/2) = 0,44$$

K<sub>p</sub> è il coefficiente di spinta passiva:



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

$$K_p = \text{Tang}^2 (45+23/2) = 2,28$$

in cui  $i = 0^\circ$  è l'angolo di inclinazione del pendio e  $\varphi = 23^\circ$  è l'angolo di attrito.

Pertanto, risulta:

$$P_a = \frac{1}{2} * 18\text{kN/mc} * \cos(i) * 0,44 * 1,40^2 = 7,76 \text{ kN/m}$$

$$P_p = \frac{1}{2} * 18\text{kN/mc} * \cos(i) * 2,28 * 0,30^2 = 1,85 \text{ kN/m}$$

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. della normativa NTC018, Ad essi deve essere fatto riferimento con le precisazioni riportate nel § 2.6.1. Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali):

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_G$

Quindi :

$$P_a = 7,76 \text{ kN/m} * 1,30 = 10,00 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.U.}$$

$$P_p = 1,85 \text{ kN/m} * 1,30 = 2,41 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.U.}$$

## AZIONI IN CONDIZIONI STATICHE

Il momento ribaltante è dato dalla somma di tali forze moltiplicate per i relativi bracci d'azione:



### COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO - ESECUTIVO

$$M_{rib} = P_a * H/3 - P_p * h/3 = (7,76 \text{ kN/m} * 1,40 \text{ ml}/3) - (1,85 \text{ kN/m} * 0,30 \text{ ml}/3) = 3,44 \text{ kNm}$$

In S.L.E.

$$M_{rib} = P_a * H/3 - P_p * h/3 = (10,00 \text{ kN/m} * 1,40 \text{ ml}/3) - (2,41 \text{ kN/m} * 0,30 \text{ ml}/3) = 4,43 \text{ kNm}$$

In S.L.U.

### AZIONE IN CONDIZIONE SISMICA

Le masse soggette all'azione sismica sono:

$$p.p \text{ del muro di sostegno} = 2500 \text{ daN/mc} * 0,25 \text{ ml} * 1,40 \text{ ml} * 1,00 \text{ ml} =$$

$$875,00 \text{ daN}$$

$$p.p \text{ del cuneo di terreno retrostante il muro} = 1800 \text{ daN/mc} * 0,30 \text{ ml} * 1,00 \text{ ml} * 1,10 \text{ ml} =$$

$$\underline{594,00 \text{ daN}}$$

$$\text{Totale delle masse} \qquad \qquad \qquad 1.469,00 \text{ daN}$$

$$\text{Forza sismica agente} = F h/sisma = 1.469,00 \text{ daN} * 0,27 = 397,00 \text{ daN} \quad \text{con } \mathbf{ag/g = 0,27}$$

punto di applicazione della forzante sismica agente sul muro di sostegno è pari da B =

$$H/2 = 1,40 \text{ ml} / 2 = 0,70 \text{ ml}$$

$$\text{Momento-ribaltante generato dall'azione sismica} = 397,00 \text{ daN} * 0,70 \text{ ml} = 278,00 \text{ daNm}$$

$$\mathbf{\text{Momento ribaltante tot.} = M_{rib. \text{ Satico}} + M_{rib. \text{ Sismico}} = (776,00 \text{ daN} * 1,40 \text{ ml}/3) + 278,00 \text{ daNm} = \mathbf{785,00 \text{ daNm}}$$

Nella verifica agli stati limite di esercizio il coefficiente di sicurezza risulta:

$$C.S. = \frac{M_{STAB}}{M_{RIB}} = \frac{12,89 \text{ KNm}}{7,85 \text{ KNm}} = 1,64 > 1,5 \quad \text{In S.L.E.} \qquad \qquad \mathbf{\underline{Verificato}}$$

Nella verifica agli stati limite ultimi, i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti. è pari a:



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

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

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

Applicando tutti i coefficienti parziali dell'Approccio 2 (A1+M1+R3), Il coefficiente di scurezza risulta:

$$C.S. = \frac{M_{STAB}}{M_{RIB}} = \frac{12,89 \text{ KNm}}{7,85 \text{ KNm}} = 1,43 > 1,00 \quad \text{In S.L.U.} \quad \textbf{Verificato}$$

### 8.3. VERIFICA A SCORRIMENTO

Nella verifica a scorrimento sono stati presi in considerazione tutte le forze agenti che innescano un meccanismo di traslazione lungo il piano di posa della fondazione per superamento dei limiti di attrito.

La forza agente è la componente orizzontale della spinta del terreno mentre la forza resistente è rappresentata dall'attrito agente sulla fondazione.

Per eseguire la verifica a scorrimento si utilizza l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Condizione di verifica:

$$H_{\text{attrito}} > H_{\text{agente}}$$

Azioni (Tab. 6.2.I NTC18)

Permanenti favorevoli

EQU

0,9

1,0

A1

1,0

A2



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Permanenti sfavorevoli	1,1	1,3	1,0	
Permanenti non strutturali favorevoli	0,8	0,8	0,0	
Permanenti non strutturali sfavorevoli	1,5	1,5	1,3	
Variabili favorevoli	0,0	0,0	0,0	
Variabili sfavorevoli	1,5	1,5	1,5	
<u>Parametri geotecnici</u> (Tab. 6.2.II NTC18)		<u>Parametro</u>	<u>M1</u>	<u>M2</u>
Tangente dell'angolo di resistenza		$\tan \varphi'_k$		1,0
1,25				
al taglio				
Coesione efficace	$c'_k$	1,0		1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	1,0		1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_Y$	1,0		1,0
<u>Resistenze</u> (Tab. 6.5.I NTC18)			<u>R3</u>	
Capacità portante della fondazione				1,4
Scorrimento			1,1	
Ribaltamento			1,15	
Resistenza del terreno a valle				1,4



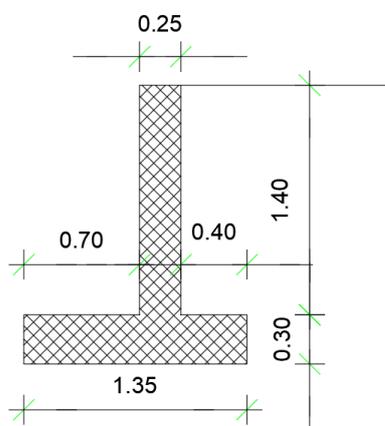
**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**8.3.1. Muro di sostegno di sezione tipologica 2 (Vedasi Tav E-T 07) :**



Parametri geotecnici

Peso per unità di volume terreno = 18.00 kN/m<sup>3</sup>

Angolo di attrito = 25°

Azioni

Permanentemente favorevoli: peso proprio gabbioni e fondazione;

componente verticale spinta

Permanentemente sfavorevoli:

componente orizzontale spinta

Permanentemente non strutturali favorevoli:

nessuno

Permanentemente non strutturali sfavorevoli:

nessuno

Variabili favorevoli:

nessuno

Variabili sfavorevoli:

nessuno



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Valutazione della forza verticale

	Area [m <sup>2</sup> ]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	W <sub>i</sub> [kN/m]	d <sub>i</sub> [m]	M <sub>i</sub> [kNm/m]
1) G <sub>k</sub> muro	0,35	25	8,75	0,825	7,22
2) G <sub>k</sub> fondazione	0,405	25	10,13	0,675	6,83
3) G <sub>k</sub> terreno	0,56	18	10,08	1,15	11,59
		W <sub>TOT</sub>	28,96	M <sub>TOT</sub>	25,65

Calcolo delle sollecitazioni

La spinta del terreno e le sue componenti risultano:

Per il calcolo della spinta del terreno si fa riferimento ai parametri geotecnici:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{terrenoA}} \cdot \cos(i) \cdot K_A \cdot h^2$$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{terrenoA}} \cdot \cos(i) \cdot K_p \cdot h^2$$

dove K<sub>a</sub> è il coefficiente di spinta attiva determinabile tramite l'espressione:

$$K_a = \text{Tang}^2 (45 - 25/2) = 0,40$$

K<sub>p</sub> è il coefficiente di spinta passiva:

$$K_p = \text{Tang}^2 (45 + 25/2) = 2,46$$

in cui i = 0 ° è l'angolo di inclinazione del pendio e φ = 25° è l'angolo di attrito.

Pertanto, risulta:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot 18 \text{ kN/mc} \cdot \cos(i) \cdot 0,40 \cdot 1,70^2 = 10,51 \text{ kN/m}$$

$$P_{aH} = P_a \cdot \cos(i) = 10,51 \text{ kN/m} \cdot \cos(0) = 10,51 \text{ kN/m}$$

$$P_{aV} = P_a \cdot \sin(i) = 10,51 \text{ kN/m} \cdot \sin(0) = 0 \text{ kN/m}$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

$$P_p = \frac{1}{2} * 18\text{kN/mc} * \cos(i) * 2,46 * 0,30^2 = 1,99 \text{ kN/m}$$

$$P_{pH} = P_p * \cos(i) = 1,99 \text{ kN/m} * \cos(0) = 1,99 \text{ kN/m}$$

$$P_{pV} = P_p * \sin(i) = 1,99 \text{ kN/m} * \sin(0) = 0 \text{ kN/m}$$

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. della normativa NTC018, Ad essi deve essere fatto riferimento con le precisazioni riportate nel § 2.6.1. Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali):

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Quindi :

$$P_a = 10,51 \text{ kN/m} * 1,30 = 13,66 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.U.}$$

$$P_p = 1,99 \text{ kN/m} * 1,30 = 2,59 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.U.}$$

Consegue che la forza agente è pari a:

$$H_{\text{agente}} = E_d = P_aH - P_{pH} = 10,51 \text{ kN/m} - 1,99 \text{ kN/m} = 8,52 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.E.}$$

$$H_{\text{agente}} = E_d = P_aH - P_{pH} = 13,66 \text{ kN/m} - 2,59 \text{ kN/m} = 11,07 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.U.}$$

Per il calcolo della forza di attrito  $H_{\text{attrito}}$  è necessario introdurre l'angolo  $\delta$  che per terreni coesivi coincide con l'angolo di resistenza al taglio (angolo di attrito), pari a circa  $25^\circ$ .



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

$$N_d = (W_{tot}) = 28,96 \text{ kN/m}$$

$$H_{attrito} = N_d \cdot \text{tg}(\delta) = 28,96 \text{ kN/m} \cdot \text{tg}(25) = 13,50 \text{ kN/m}$$

La condizione di verifica risulta:

<b>H<sub>attrito</sub> = 13,50 kN/m &gt;&gt; H<sub>agente</sub> = 8,52 kN/m</b>	In S.L.E.
<b><u>Verificato</u></b>	
<b>H<sub>attrito</sub> = 13,50 kN/m &gt;&gt; H<sub>agente</sub> = 11,07 kN/m</b>	In S.L.U.
<b><u>Verificato</u></b>	

Nella verifica agli stati limite di esercizio il coefficiente di sicurezza risulta:

$$C.S. = \frac{H_{attrito}}{H_{agente}} = \frac{13,50 \frac{KN}{m}}{8,52 \frac{KN}{m}} = 1,58 > 1,3 \quad \text{In S.L.E.} \quad \textbf{\underline{Verificato}}$$

Nella verifica agli stati limite ultimi, i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti. è pari a:

**Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno**

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

Applicando tutti i coefficienti parziali dell'Approccio 2 (A1+M1+R3), Il coefficiente di sicurezza risulta:

$$C.S. = \frac{H_{attriti}}{H_{agente}} = \frac{13,50 \frac{KN}{m}}{11,07 \frac{KN}{m}} = 1,10 > 1 \quad \text{In S.L.U.} \quad \textbf{\underline{Verificato}}$$



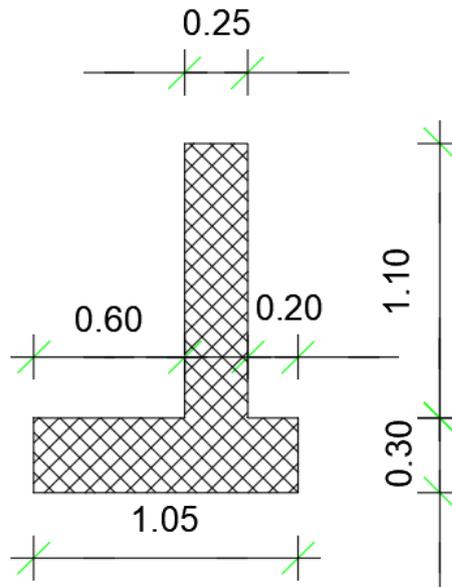
**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**8.3.2. Muro di sostegno di sezione tipologica 4 (Vedasi Tav E-T 07) :**



Parametri geotecnici

Peso per unità di volume terreno = 18.00 kN/m<sup>3</sup>  
Angolo di attrito = 25°

Azioni

Permanentemente favorevoli:	peso proprio gabbioni e
fondazione;	componente verticale spinta
Permanentemente sfavorevoli:	componente orizzontale spinta
Permanentemente non strutturali favorevoli:	nessuno
Permanentemente non strutturali sfavorevoli:	nessuno
Variabili favorevoli:	nessuno
Variabili sfavorevoli:	nessuno

Valutazione della forza verticale



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

	Area [m <sup>2</sup> ]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	W <sub>i</sub> [kN/m]	d <sub>i</sub> [m]	M <sub>i</sub> [kNm/m]
1) G <sub>k</sub> muro	0,275	25	6,88	0,72	4,95
2) G <sub>k</sub> fondazione	0,315	25	7,88	0,53	4,18
3) G <sub>k</sub> terreno	0,22	18	3,96	0,95	3,76
		W <sub>TOT</sub>	18,72	M <sub>TOT</sub>	12,89

Calcolo delle sollecitazioni

La spinta del terreno e le sue componenti risultano:

Per il calcolo della spinta del terreno si fa riferimento ai parametri geotecnici:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{terrenoA}} \cdot \cos(i) \cdot K_A \cdot h^2$$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{terrenoA}} \cdot \cos(i) \cdot K_p \cdot h^2$$

dove K<sub>a</sub> è il coefficiente di spinta attiva determinabile tramite l'espressione:

$$K_a = \text{Tang}^2 (45 - 25/2) = 0,40$$

K<sub>p</sub> è il coefficiente di spinta passiva:

$$K_p = \text{Tang}^2 (45 + 25/2) = 2,46$$

in cui i = 0 ° è l'angolo di inclinazione del pendio e φ = 25° è l'angolo di attrito.

Pertanto, risulta:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot 18 \text{ kN/mc} \cdot \cos(i) \cdot 0,40 \cdot 1,40^2 = 7,05 \text{ kN/m}$$

$$P_{aH} = P_a \cdot \cos(i) = 7,05 \text{ kN/m} \cdot \cos(0) = 7,05 \text{ kN/m}$$

$$P_{aV} = P_a \cdot \sin(i) = 7,05 \text{ kN/m} \cdot \sin(0) = 0 \text{ kN/m}$$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot 18 \text{ kN/mc} \cdot \cos(i) \cdot 2,46 \cdot 0,30^2 = 1,99 \text{ kN/m}$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

$$P_pH = P_p \cdot \cos(i) = 1,99 \text{ kN/m} \cdot \cos(0) = 1,99 \text{ kN/m}$$

$$P_pV = P_p \cdot \sin(i) = 1,99 \text{ kN/m} \cdot \sin(0) = 0 \text{ kN/m}$$

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. della normativa NTC018, Ad essi deve essere fatto riferimento con le precisazioni riportate nel § 2.6.1. Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali):

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Quindi :

$P_a = 7,05 \text{ kN/m} \cdot 1,30 = 9,17 \text{ kN/m}$	In S.L.U.
$P_p = 1,99 \text{ kN/m} \cdot 1,30 = 2,59 \text{ kN/m}$	In S.L.U.

Consegue che la forza agente è pari a:

$H_{\text{agente}} = E_d = P_aH - P_pH = 7,05 \text{ kN/m} - 1,99 \text{ kN/m} = 5,06 \text{ kN/m}$	In S.L.E.
$H_{\text{agente}} = E_d = P_aH - P_pH = 9,17 \text{ kN/m} - 2,59 \text{ kN/m} = 6,58 \text{ kN/m}$	In S.L.U.

Per il calcolo della forza di attrito  $H_{\text{attrito}}$  è necessario introdurre l'angolo  $\delta$  che per terreni coesivi coincide con l'angolo di resistenza al taglio (angolo di attrito), pari a circa  $25^\circ$ .

$$N_d = (W_{\text{tot}}) = 24,84 \text{ kN/m}$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

$$H_{\text{attrito}} = N_d \cdot \text{tg}(\delta) = 24,84 \text{ kN/m} \cdot \text{tg}(25) = 11,58 \text{ kN/m}$$

La condizione di verifica risulta:

<b>H<sub>attrito</sub> = 11,58 kN/m &gt;&gt; H<sub>agente</sub> = 5,06 kN/m</b>	In S.L.E.
<b><u>Verificato</u></b>	
<b>H<sub>attrito</sub> = 11,58 kN/m &gt;&gt; H<sub>agente</sub> = 6,58 kN/m</b>	In S.L.U.
<b><u>Verificato</u></b>	

Nella verifica agli stati limite di esercizio il coefficiente di sicurezza risulta:

$$C.S. = \frac{H_{\text{attrito}}}{H_{\text{agente}}} = \frac{11,58 \frac{\text{KN}}{\text{m}}}{5,06 \frac{\text{KN}}{\text{m}}} = 2,29 > 1,3 \quad \text{In S.L.E.} \quad \textbf{\underline{Verificato}}$$

Nella verifica agli stati limite ultimi, i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti. è pari a:

**Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno**

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

Applicando tutti i coefficienti parziali dell'Approccio 2 (A1+M1+R3), Il coefficiente di sicurezza risulta:

$$C.S. = \frac{H_{\text{attritti}}}{H_{\text{agente}}} = \frac{11,58 \frac{\text{KN}}{\text{m}}}{6,58 \frac{\text{KN}}{\text{m}}} = 1,60 > 1 \quad \text{In S.L.U.} \quad \textbf{\underline{Verificato}}$$



### COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

#### 8.4. VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE

##### 8.4.1. Muro di sostegno di sezione tipologica 2 (Vedasi Tav E-T 07) :

##### Calcolo della spinta attiva del terreno:

$$P_a = \frac{1}{2} * 18 \text{ kN/mc} * \cos(i) * 0,44 * 1,70^2 = 11,44 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.E.}$$

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. della normativa NTC018, Ad essi deve essere fatto riferimento con le precisazioni riportate nel § 2.6.1. Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali):

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Quindi :

$$P_a = 11,44 \text{ kN/m} * 1,30 = 14,87 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.U.}$$

$$M = P_a * H/3 = 11,44 \text{ kNm/m} * 1,70 / 3 = 6,48 \text{ kNm} \quad \text{In S.L.E.}$$

Momento dovuto alle spinte del terreno

$$N = 28,96 \text{ kN/ml} \quad \text{In S.L.E.}$$

Componente verticale (Peso muro)

$$M = P_a * H/3 = 14,87 \text{ kNm/ml} * 1,70 \text{ m} / 3 = 8,43 \quad \text{In S.L.U.}$$

Momento dovuto alle spinte del terreno

$$N = 28,96 * 1,3 = 37,65 \text{ kN/ml} \quad \text{In S.L.U.}$$

Componente verticale (Peso muro)



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO - ESECUTIVO

**Si calcola l'eccentricità condizioni statiche :**

$$e = \frac{M}{N} = \frac{6,48 \frac{\text{kNm}}{\text{ml}}}{28,96 \frac{\text{kN}}{\text{ml}}} = 0,22 \text{ m} < \frac{B}{6} = 0,225 \text{ m} \quad \text{In S.L.E.} \quad \text{Il centro di pressione risulta interno al terzo medio}$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{8,43 \frac{\text{kNm}}{\text{ml}}}{37,65 \frac{\text{kN}}{\text{ml}}} = 0,22 \text{ m} < \frac{B}{6} = 0,225 \text{ m} \quad \text{In S.L.U.} \quad \text{Il centro di pressione risulta interno al terzo medio}$$

$$\sigma_{t,max} = \frac{N}{A} \times \left(1 + 6 \times \frac{e}{a}\right) = \frac{3.765,00}{100 \times 135} \times \left(1 + 6 \times \frac{22}{135}\right) = 0,55 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \quad \text{In S.L.U.}$$
$$\sigma_{t,min} = \frac{N}{A} \times \left(1 - 6 \times \frac{e}{a}\right) = \frac{3.765,00}{100 \times 135} \times \left(1 - 6 \times \frac{22}{135}\right) = -0,0062 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \quad \text{In S.L.U.}$$

$$\sigma_{t,max} = 0,55 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} < \sigma_{rd} = 0,72 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \quad \text{In S.L.U. - VERIFICATO}$$

**Si calcola l'eccentricità condizioni sismiche :**

M<sub>tot</sub> = M statico/muro + M<sub>sismico</sub> = 648 daNml + 549 daNml = 1,197,00 daNml = 11,97 KNml

$$e = \frac{M}{N} = \frac{11,97 \frac{\text{kNm}}{\text{ml}}}{28,96 \frac{\text{kN}}{\text{ml}}} = 0,41 \text{ m} \text{ prossimo al } \frac{B}{6} = 0,225 \text{ m} \quad \text{In S.L.E.} \quad \text{Il centro di pressione risulta limitrofo al terzo medio}$$

Il diagramma delle tensioni è trapezoide ed il suo andamento è la condizione di resistenza, in condizione sismica con i coefficienti pari ad coeff.=1,00 come da norma in quanto evento eccezionale, viene determinata:

$$\sigma_{t,max} = \frac{N}{A} \times \left(1 + 6 \times \frac{e}{a}\right) = \frac{2896}{100 \times 135} \times \left(1 + 6 \times \frac{41}{135}\right) = 0,61 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \quad \text{In S.L.U.}$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO - ESECUTIVO

$$\sigma_{t,min} = \frac{N}{A} \times \left(1 - 6 \times \frac{e}{a}\right) = \frac{2896}{100 \times 135} \times \left(1 - 6 \times \frac{41}{135}\right) = -0,17 \frac{daN}{cm^2} \quad \text{In S.L.U.}$$

$$\sigma_{t,max} = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = \frac{2.896,00}{100 \times 135} + \frac{119.700,00}{304.000,00} = 0,61 \frac{daN}{cm^2}$$

$$\sigma_{t,max} = \frac{N}{A} - \frac{M}{W} = \frac{2.896,00}{100 \times 135} - \frac{119.700,00}{304.000,00} = -0,17 \frac{daN}{cm^2}$$

**L** è la lunghezza base della fondazione  $L = 1 \text{ m}$

**B** è la larghezza base della fondazione

**W** è il modulo di resistenza  $\frac{L \times B^2}{6} = \frac{1 \text{ m} \times 1,35 \text{ m}^2}{6} = 0,304 \text{ m}^3$

L'espressione del carico limite in termini di tensioni totali è stata calcolata dal geologo Gianluca Nascimbene di cui risulta:

Coefficients di fondazione			
$N_q = e^{(9 \cdot \text{tg} \cdot f)} \cdot \text{tg}^2 (45^\circ + f/2)$			1,0
$N_g = (N_q - 1) \cdot \text{tg} (1,4 \cdot f)$			0,0
$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg} (f)$			5,1
Fattori di forma			
$s_{r,n} = 1 + 0,2 \cdot K_p (B/L)$			1,01
$s_n = s_{r,n} = 1 + 0,1 \cdot K_p (B/L)$			1,01
Fattori di profondità			
$d_r = 1 + 0,2 \cdot K_p^{1/2} \cdot D/B$			1,06
$d_q = d_g = 1 + 0,1 \cdot K_p^{1/2} \cdot D/B$			1,03
Fattori di inclinazione del carico			
$i_r = i_c = (1 - i^2/90)^2$			1
$i_n = (1 - i^2/f)^2$			1
CALCOLO CARICO LIMITE			
$q_{ult} = g_r \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$			0,3
$+ 0,5 \cdot B' \cdot g \cdot N_g \cdot s_g \cdot d_g \cdot i_g$			0,0
$+ c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c$			16,6
<b>Carico limite ultimo</b>	<b>q<sub>lim</sub></b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>	<b>16,9</b>
<b>DM 17/01/18</b>			<b>A1+M1+R3</b>
<b>Resistenza di progetto</b>	<b>Rd</b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>	<b>7,3</b>
<b>Resistenza di progetto</b>	<b>Rd</b>	<b>KN/m<sup>2</sup></b>	<b>72</b>

La condizione di verifica risulta:

$$\sigma_{t,max} = 0,61 \frac{daN}{cm^2} < \sigma_{rd} = 0,72 \frac{daN}{cm^2} \quad \text{In S.L.U. - VERIFICATO}$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Nella verifica agli stati limite ultimi, i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti. è pari a:

*Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno*

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

Applicando tutti i coefficienti parziali dell'Approccio 2 (A1+M1+R3), La condizione di verifica risulta:

$$C.S. = \frac{q_{lim}}{\sigma_{max}} = \frac{1,69 \frac{daN}{cm^2}}{0,61 \frac{daN}{cm^2}} = 1,97 > 1 \quad \text{In S.L.U.} \quad \textbf{Verificato}$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**8.4.2. Muro di sostegno di sezione tipologica 4 (Vedasi Tav E-T 07) :**

**Calcolo della spinta attiva del terreno:**

$$P_a = \frac{1}{2} * 18 \text{ kN/mc} * \cos(i) * 0,44 * 1,40^2 = 7,76 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.E.}$$

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. della normativa NTC018, Ad essi deve essere fatto riferimento con le precisazioni riportate nel § 2.6.1. Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali):

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2$ <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Quindi :

$$P_a = 7,76 \text{ kN/m} * 1,30 = 10,09 \text{ kN/m} \quad \text{In S.L.U.}$$

$$M = P_a * H/3 = 7,76 \text{ kNm} * 1,40 / 3 = 3,62 \text{ kNm/ml} \quad \text{In S.L.E.}$$

Momento dovuto alle spinte del terreno

$$N = 18,72 \text{ kN/ml} \quad \text{In S.L.E.}$$

Componente verticale (Peso muro)

$$M = P_a * H/3 = 10,09 \text{ kNm} * 1,40 / 3 = 4,71 \text{ kNm/ml} \quad \text{In S.L.U.}$$

Momento dovuto alle spinte del terreno

$$N = 18,72 * 1,3 = 24,34 \text{ kN/ml} \quad \text{In S.L.U.}$$

Componente verticale (Peso muro)



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**Si calcola l'eccentricità in condizione statica:**

$$e = \frac{M}{N} = \frac{3,62 \frac{\text{kNm}}{\text{ml}}}{18,72 \frac{\text{kN}}{\text{ml}}} = 0,19 \text{ m prossimo al } \frac{B}{6} = 0,175 \text{ m} \quad \text{In S.L.E.} \quad \text{Il centro di pressione risulta limitrofo al terzo medio}$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{4,71 \frac{\text{kNm}}{\text{ml}}}{24,34 \frac{\text{kN}}{\text{ml}}} = 0,19 \text{ m prossimo al } \frac{B}{6} = 0,175 \text{ m} \quad \text{In S.L.E.} \quad \text{Il centro di pressione risulta limitrofo al terzo medio}$$

**Si calcola l'eccentricità condizioni sismiche :**

$$M_{\text{tot}} = M \text{ statico/muro} + M_{\text{sismico}} = 362 \text{ daNm} + 278 \text{ daNm} = 640 \text{ daNm} = 6,40 \text{ KNm}$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{6,40 \frac{\text{kNm}}{\text{ml}}}{18,72 \frac{\text{kN}}{\text{ml}}} = 0,34 \text{ m prossimo al } \frac{B}{6} = 0,175 \text{ m} \quad \text{In S.L.E.} \quad \text{Il centro di pressione risulta limitrofo al terzo medio}$$

Il diagramma delle tensioni è a farfalla ed il suo andamento è la condizione di resistenza, in condizione sismica con i coefficienti pari ad coeff.=1,00 come da norma in quanto evento eccezionale, viene determinata:

Il diagramma delle tensioni è a farfalla ed il suo andamento è la condizione di resistenza vengono determinate da:

$\sigma_{t,max} = \frac{N}{A} \times \left(1 + 6 \times \frac{e}{a}\right) = \frac{1872}{100 \times 105} \times \left(1 + 6 \times \frac{34}{105}\right) = 0,52 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$	In
<b>S.L.U.</b>	
$\sigma_{t,max} = \frac{N}{A} \times \left(1 - 6 \times \frac{e}{a}\right) = \frac{1872}{100 \times 105} \times \left(1 - 6 \times \frac{34}{105}\right) = -0,16 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$	In S.L.U.

**L** è la lunghezza base della fondazione  $L = 1 \text{ m}$

**B** è la larghezza base della fondazione

**W** è il modulo di resistenza  $\frac{L \times B^2}{6} = \frac{1 \text{ m} \times 1,05 \text{ m}^2}{6} = 0,184 \text{ m}^3$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

L'espressione del carico limite in termini di tensioni totali è stata calcolata dal geologo Gianluca Nascimbene di cui risulta:

Coefficients di fondazione				
$Nq = e^{(90 \cdot \tan \phi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2)$				1,0
$N\phi = (Nq - 1) \tan(1,4 \phi)$				0,0
$Nc = (Nq - 1) \cotg(\phi)$				5,1
Fattori di forma				
$s_{qa} = 1 + 0,2 \cdot Kp \cdot (B/L)$				1,01
$s_{qb} = s_{qb} = 1 + 0,1 \cdot Kp \cdot (B/L)$				1,01
Fattori di profondità				
$d_{ca} = 1 + 0,2 \cdot Kp^{1/2} \cdot D/B$				1,06
$d_{cb} = d_{cb} = 1 + 0,1 \cdot Kp^{1/2} \cdot D/B$				1,03
Fattori di inclinazione del carico				
$i_a = i_a = (1 - i^\circ/90)^2$				1
$i_b = i_b = (1 - i^\circ/f)^2$				1
CALCOLO CARICO LIMITE				
$q_{ult} = g_r \cdot D \cdot Nq \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$				0,3
$+ 0,5 \cdot B' \cdot g \cdot N\phi \cdot s_g \cdot d_g \cdot i_g$				0,0
$+ c' \cdot Nc \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c$				16,6
<b>Carico limite ultimo</b>	<b>q<sub>lim</sub></b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>		<b>16,9</b>
<b>DM 17/01/18</b>				<b>A1+M1+R3</b>
<b>Resistenza di progetto</b>	<b>Rd</b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>		<b>7,3</b>
<b>Resistenza di progetto</b>	<b>Rd</b>	<b>KN/m<sup>2</sup></b>		<b>72</b>

$\sigma_{rd} = 0,72 \text{ daN/cm}^2$  - valore limite di portata del terreno ad una profondità di  $q = -50 \text{ cm}$  pari al valore di resistenza di progetto della relazione geologica  $\sigma_{rd} = 0,72 \text{ daN/cm}^2$   
 $\sigma_{rd} = 0,72 \text{ daN/cm}^2 > \sigma_{t,max} = 0,52 \text{ daN/cm}^2$  **VERIFICATO**

La condizione di verifica risulta:

$$\sigma_{t,max} = 0,52 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} < \sigma_{rd} = 0,72 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \quad \text{In S.L.U. - VERIFICATO}$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Nella verifica agli stati limite ultimi, i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti. è pari a:

*Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno*

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

Applicando tutti i coefficienti parziali dell’Approccio 2 (A1+M1+R3), La condizione di verifica risulta:

$$C. S. = \frac{q_{lim}}{\sigma_{max}} = \frac{1,69 \frac{daN}{cm^2}}{0,52 \frac{daN}{cm^2}} = 2,32 > 1,00 \quad \text{In S.L.U.} \quad \textbf{Verificato}$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

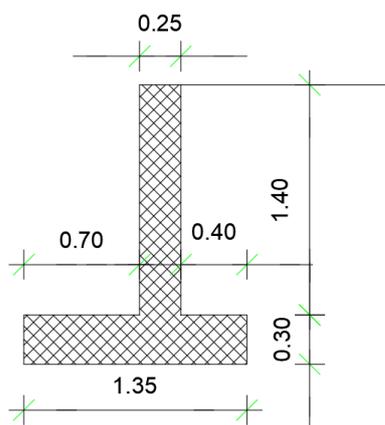
CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**8.5. VERIFICA DELLE ARMATURE DEL MURO DI SOSTEGNO – PARAMENTO VERTICALE**

**Verifica a flessione**

**8.5.1. Muro di sostegno di sezione tipologica 2 (Vedasi Tav E-T 07) :**



La sezione reagente del muro di sostegno ha le seguenti dimensioni geometriche 100cm\*25cm armata con ferri in zona tesa e compressa di tipo simmetrico e pari a n.5 Ø14 mm – interni ed esterni:

$$\text{Momento tot.} = M_{\text{Satico}} + M_{\text{Sismico}} = (1.144,00 \text{ daN} * 1,70\text{ml}/3)*1,40 + 549, \text{daNm} = 1.457,0 \text{ daNm}$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

**Titolo:** Muro di sostegno H=1.40 m

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7.70	4
2	7.70	21

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 14.57 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

B450C C25/30

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200,000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14.17 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9.75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6  
τ<sub>c1</sub> 1.829

M<sub>xRd</sub> 61.33 kNm

σ<sub>c</sub> -14.17 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 17.99 ‰  
d 21 cm  
x 3.42 x/d 0.1629  
δ 0.7

**Tipo Sezione**

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.  
 DXF

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**

Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

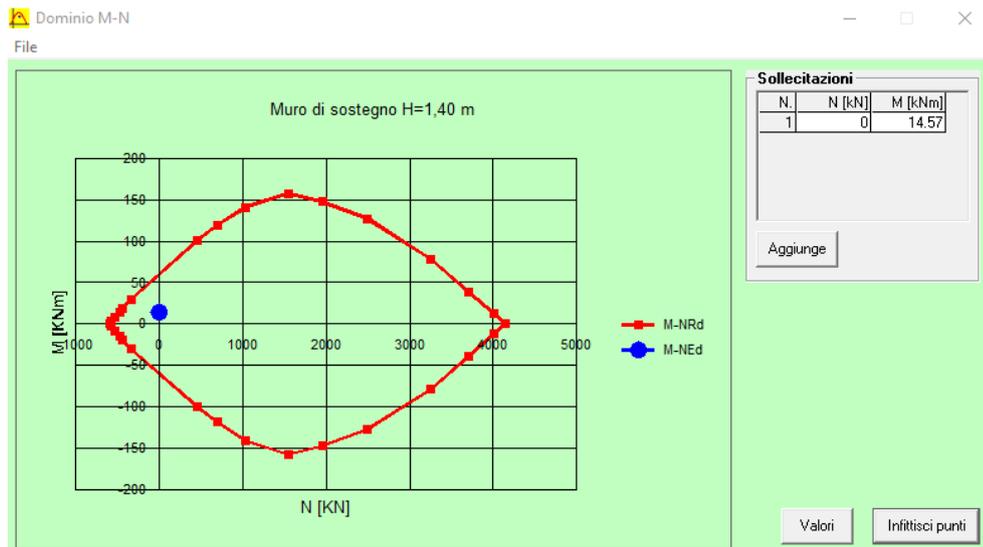


**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO





**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**Verifica a taglio :**

Calcolo della forza orizzontale totale dovuta alla spinta del terreno e alla sisma:

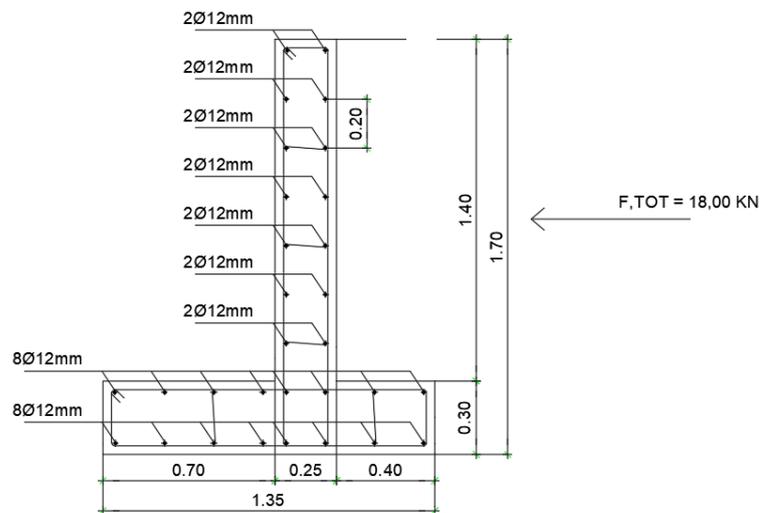
- Forza dovuta alla spinta del terreno:

$$P_a = \frac{1}{2} * 18\text{kN/mc} * 0,44 * 1,70^2 = \frac{1}{2} * 18\text{kN/mc} * 1,00 * 0,40 * 1,70^2 = 11,44 \text{ kN/m}$$

- Forza dovuta alla sisma (vedasi capitolo 8.2.1.):

$$F_{h/sisma} = 2.392,50 \text{ daN} * 0,27 = 645,0 \text{ daN} = 6,45 \text{ KN} \quad \text{con } \mathbf{ag/g = 0,27}$$

**Forza orizzontale totale agente a tergo del muro =  $P_a + F_{h/sisma} = 11,44 \text{ KN} + 6,45 \text{ KN} = 17,89 \text{ KN}$**





**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**Verifica in S.L.E.**

$$\tau_{ED} = \frac{F_{TOT.}}{n \times A_{\phi 12}} = \frac{18.000,00 \text{ N}}{10 \times 113,04 \text{ mm}^2} = 15,92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

**Calcolo della resistenza :**

$$\tau_{RD} = \frac{\sigma_{RD}}{\sqrt{3}} = \frac{391,30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{\sqrt{3}} = 226,00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{RD} = 226,00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \tau_{ED} = 15,92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO - ESECUTIVO

### VERIFICA A TEGLIO MURO H=140CM

La verifica a taglio è stata effettuata con un foglio di excel considerando l'armatura delle spille Ø10 con passo 400 mm:

#### SEZIONE RETTANGOLARE

##### Caratteristiche geometriche sezione

	Descrizione	Valore	u.d.m.
bw	larghezza minima sezione	1.000	mm
h	altezza totale della sezione	250.00	mm
d	altezza utile sezione	210.00	mm

Descrizione materiale			
Calcestruzzo	classe C 30/37	$R_d$ (Mpa) = 30	$f_{tk}$ (Mpa) = 25
Acciaio	B450C	$f_{yk}$ (Mpa) = 450	$f_{td}$ (Mpa) = 391.30
$\gamma_c$	1.50	$\gamma_m$	1.15
			$f_{td}$ (Mpa) = 14.11

Armatura longitudinale					
	barre	n°	$\Phi$ (mm)	Asl (mm <sup>2</sup> )	$\rho_1$
Compressa		5	14	769.69	0.0037
		0	0	0.00	0.0000
Tesa		5	14	769.69	0.0037
		0	0	0.00	0.0000
					0.0037

##### Elementi senza armature resistenti a taglio

##### Parametri di calcolo

	Descrizione	Valore	u.d.m.
$\sigma_{cp}$	tensione di compressione media nella sezione	0	
k	parametro adimensionale	1.98	
$N_{min}$	resistenza minima	0.4851	N/mm <sup>2</sup>

Verifica	Nsd =	0 kN	N di trazione non si considera
	Vsd =	18.00 kN	
	Vrd =	104.06 kN	

ARMATURA A TAGLIO MINIMA DA NORMATIVA

##### Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

Armatura trasversale				
	n° bracci	passo (mm)	$\Phi$ (mm)	Asw (mm <sup>2</sup> )
sta file piegati	2.5	400	10	196.35

NB: IPOTESI FERRI PIEGATI SEMPRE A 45°

##### Parametri di calcolo

	Descrizione	Valore	u.d.m.
$\theta$	inclinazione dei puntoni	21.80	°
$\alpha$	angolo inclinazione trasversale	90.00	°
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo	1.00	

SEN<sup>2</sup> $\theta$  = 0.0272262  
SEN $\theta$  = 0.1650037  
 $\theta$  = 9.50 °

0.19    4.15    OK

##### Verifica

Vsd =	18 kN
Vrd =	90.76 kN
Vrzd =	459.77 kN

RESISTENZA A TAGLIO DI SOLO ARMATURA  
RESISTENZA A TAGLIO DI SOLO CLS+ARM

Se la verifica è ok la trave è duttile: rottura lato acciaio

Se  $\theta < 21.8$  ° si ha collasso lato acciaio con le bielle compresse integre.  
Sostituire  $\theta = 21.8$  °.

VERIFICASODDISFATTA

$$\text{Con } \tau_{rd} = 0,19 \frac{N}{mm^2}$$



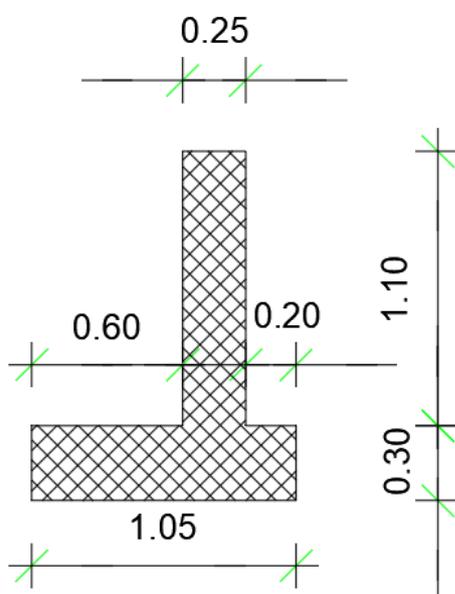
**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**8.5.2. Muro di sostegno di sezione tipologica 4 (Vedasi Tav E-T 07) :**



La sezione reagente del muro di sostegno ha le seguenti dimensioni geometriche

100cm\*25cm armata con ferri in zona tesa e compressa di tipo simmetrico e pari a n.5  
Ø14 mm – interni ed esterni:

**Momento ribaltante tot. = Mrib. Satico + Mrib. Sismico = (776,00 daN \***

**1,40ml/3)\*1,40 + 278,00 daNml = 785,00 daNml**



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Verifica C.A. S.L.U. - File: MURO H110

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

**Titolo :** Muro di sostegno H=1,10 m

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	7.70	4
			2	7.70	21

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N <sub>Ed</sub>	0	0	kN
M <sub>xEd</sub>	7.85	0	kNm
M <sub>yEd</sub>	0	0	

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
 B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200,000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.9 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

$M_{xRd}$  61.33 kN m  
 $\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  17.99 ‰  
 d 21 cm  
 x 3.42 x/d 0.1629  
 $\delta$  0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.  
 DXF

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 M-curvatura  
 Precompresso

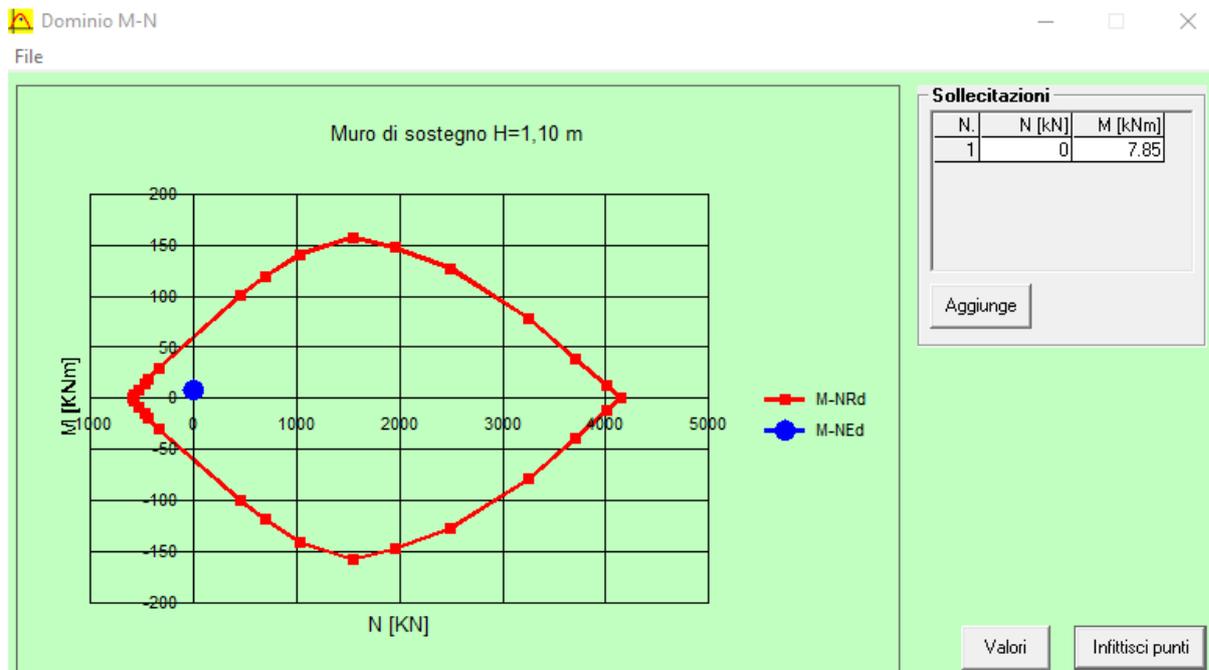


**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO



**Verifica a taglio MURO ALTEZZA H=110 :**



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Calcolo della forza orizzontale totale dovuta alla spinta del terreno e alla sisma:

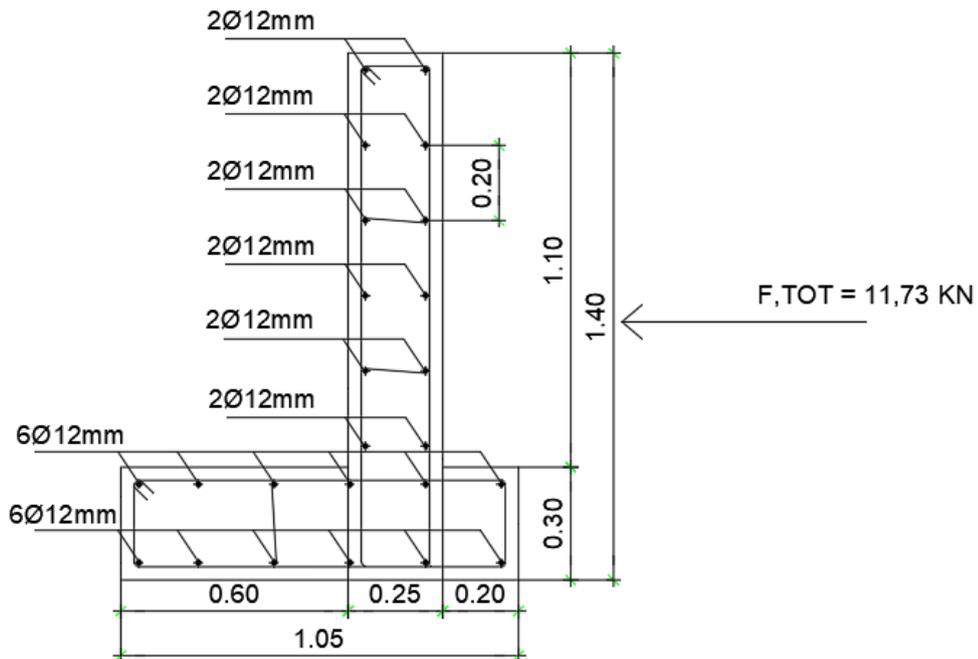
- Forza dovuta alla spinta del terreno:

$$P_a = \frac{1}{2} * 18 \text{ kN/mc} * \cos(i) * 0,44 * 1,40^2 = 7,76 \text{ kN/m}$$

- Forza dovuta alla sisma (vedasi capitolo 8.2.1.):

$$\text{Forza sismica agente} = F \text{ h/sisma} = 1.469,00 \text{ daN} * 0,27 = 397,00 \text{ daN} = 3,97 \text{ KN} \quad \text{con} \\ \mathbf{ag/g = 0,27}$$

$$\mathbf{\text{Forza orizzontale totale agente a tergo del muro} = P_a + F \text{ h/sisma} = 7,76 \text{ KN} + 3,97 \text{ KN} \\ = 11,73 \text{ KN}}$$





**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

**Verifica in S.L.E.**

$$\tau_{ED} = \frac{F_{TOT.}}{n \times A_{\phi 12}} = \frac{11.730,00 \text{ N}}{10 \times 113,04 \text{ mm}^2} = 10,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

**Calcolo della resistenza :**

$$\tau_{RD} = \frac{\sigma_{RD}}{\sqrt{3}} = \frac{391,30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{\sqrt{3}} = 226,00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{RD} = 226,00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \tau_{ED} = 11,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

La verifica a taglio è stata effettuata con un foglio di excel considerando l'armatura delle spille Ø10 con passo 400 mm:

**SEZIONE RETTANGOLARE**

**Caratteristiche geometriche sezione**

	Descrizione	Valore	u.d.m.
bw	larghezza minima sezione	1.000	mm
h	altezza totale della sezione	250.00	mm
d	altezza utile sezione	210.00	mm

Descrizione materiale			
Calcestruzzo	classe C 30/37	$R_k$ (Mpa)= 30	$f_{ck}$ (Mpa)= 25
Acciaio	B450C	$f_{yk}$ (Mpa)= 450	$f_{td}$ (Mpa)= 391.30
$\gamma_c$	1.50	$\gamma_m$	1.15
			$f_{td}$ (Mpa)= 14.11

Armatura longitudinale				
barre	n°	Φ (mm)	Asl (mm <sup>2</sup> )	ρ1
Compressa	5	14	769.69	0.0037
	0	0	0.00	0.0000
Tesa	5	14	769.69	0.0037
	0	0	0.00	0.0000
				0.0037

**Elementi senza armature resistenti a taglio**

**Parametri di calcolo**

	Descrizione	Valore	u.d.m.
$\sigma_{cp}$	tensione di compressione media nella sezione	0	
k	parametro adimensionale	1.98	
$\gamma_{min}$	resistenza minima	0.4851	N/mm <sup>2</sup>

Verifica	N <sub>ed</sub> =	0 kN	<b>N di trazione non si considera</b>
	V <sub>sd</sub> =	18.00 kN	
	V <sub>rd</sub> =	104.06 kN	

**ARMATURA A TAGLIO MINIMADA/NORMATIVA**

**Elementi con armature trasversali resistenti a taglio**

Armatura trasversale				
	n° bracci	passo (mm)	Φ (mm)	Asw (mm <sup>2</sup> )
sta file	2.5	400	10	196.35
piegati				

**NB: IPOTESI FERRI PIEGATI SEMPRE A 45°**

**Parametri di calcolo**

	Descrizione	Valore	u.d.m.
θ	inclinazione dei puntoni	21.80	°
α	angolo inclinazione trasversale	90.00	°
α <sub>c</sub>	coefficiente maggiorativo	1.00	

SEN<sup>θ</sup> 0.0272262  
 SENE 0.1650037  
 θ 9.50 °

**0.19 4.15 OK**

Verifica	V <sub>sd</sub> =	18 kN	RESISTENZA A TAGLIO DI SOLO ARMATURA
	V <sub>rsd</sub> =	90.76 kN	
	V <sub>rzd</sub> =	459.77 kN	

Se la verifica è ok la trave è duttile: rottura lato acciaio

**VERIFICASODDISFATTA**

**Se θ < 21,8 ° si ha collasso lato acciaio con le bielle compresse integre. Sostituire θ = 21,8 °.**

Con  $\tau_{rd} = 0,19 \frac{N}{mm^2}$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

**CUP: I15F21001700007**

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**ALLEGATO**

**RELAZIONE DI CALCOLO MURO H=140, MURO H=110, MURO H=80  
CON SOFTWARE DI CALCOLO AZTEC**

**Progetto: MURO H=140CM**  
**Comune: CANNETO PAVESE**  
**Progettista: ING.NICOLA VITALI**  
**Direttore dei Lavori: ING.NICOLA VITALI**



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

**CUP: I15F21001700007**

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Normative di riferimento**

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l' esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

### **Richiami teorici**

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

### Calcolo della spinta sul muro

#### *Valori caratteristici e valori di calcolo*

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

#### *Metodo di Culmann*

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $r$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

#### *Spinta in presenza di falda*

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

### *Spinta in presenza di sisma*

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\epsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\epsilon' = \epsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

dove  $q = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ . In presenza di falda a monte,  $q$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$DS = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2 \beta \cos \theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $q$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi. Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Il momento ribaltante  $M$ , è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $d$  è positivo, ribaltante se  $d$  è negativo.  $d$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante. Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

**Verifica a scorrimento**

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

**Verifica al carico limite**

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

**Cascone** ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = c N_c s_c + q N_q + 0.5 B \gamma N_{\gamma} s_{\gamma}$$

La simbologia adottata è la seguente:

- $c$  coesione del terreno in fondazione;
- $f$  angolo di attrito del terreno in fondazione;
- $g$  peso di volume del terreno in fondazione;
- $B$  larghezza della fondazione;
- $D$  profondità del piano di posa;
- $q$  pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di capacità portante	$N_c = (N_q - 1) \cotg \varphi$	$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)}$ dove $e^{(0.75\pi - \frac{\varphi}{2}) \tan \varphi}$	$N_{\gamma} = \frac{\tan \varphi}{2} \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$	
------------------------------	---------------------------------	---	--	--



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Fattori di forma	$s_c = 1$ $s_c = 1.3$		$s_y = 1$ $s_y = 0.8$	per fondazioni nastriformi per fondazioni quadrate
------------------	--------------------------	--	--------------------------	---

Il termine  $K_{pg}$  che compare nell'espressione di  $N_g$  non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per  $N_g$  l'espressione proposta da Meyerhof

$$N_y = (N_q - 1) \tan(1.4\varphi)$$

$$N_{yE} = N_y e_{yk} e_{yi}$$

dove:

$e_{gk}$  è un coeff. correttivo che tiene conto dell'effetto cinematico

$e_{gi}$  è un coeff. correttivo che tiene conto dell'effetto inerziale

$e_{yk} = \left(1 - \frac{K_{hk}}{\tan \varphi}\right)^{0.45}$	$e_{yi} = \left(1 - 0.7 \frac{K_{hi}}{\tan \varphi}\right)^{0.50}$
--	--

$K_{hk}$  è il valore del coeff. di accelerazione sismica orizzontale del terreno

$K_{hi}$  è il valore del coeff. di accelerazione sismica orizzontale della struttura

Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_g$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B g N_g$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_g = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_y r_g$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $h_g$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $a_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $f_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $h$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $h$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### Cedimenti della fondazione

#### Metodo Edometrico

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da Terzaghi negli anni '20. L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione.

Tuttavia il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_{ed,i}} \Delta z_i$$

dove:

$D_s$  è la tensione indotta nel terreno, alla profondità  $z$ , dalla pressione di contatto della fondazione;

$E_{ed}$  è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato  $i$ -esimo;

$\Delta z$  rappresenta lo spessore dello strato  $i$ -esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.

Lo spessore dello strato compressibile considerato nell'analisi dei cedimenti è stato determinato in funzione della percentuale della tensione di contatto.



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

### LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

#### RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO – ESECUTIVO

### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
g	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [MPa]
f <sub>cm</sub>	Resistenza caratteristica media a compressione, espressa in [MPa]
E	Modulo elastico, espresso in [MPa]
n	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	N / E	C	A	g [kN/mc]	R <sub>ck</sub> / f <sub>cm</sub> [MPa]	E [MPa]	n	n	ntc
1	C25/30	N E	C25/30	B450C	24,5170	30,000 24,517	31447,0 28791,3	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [MPa]	f <sub>uk</sub> [MPa]	f <sub>ym</sub> [MPa]
B450C	450,000	540,000	0,000

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	2,00	0,30	8.531
3	7,00	1,50	13.496

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

#### Geometria muro

##### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 1,00 [m]

##### Paramento

Materiale C25/30  
 Altezza paramento 1,40 [m]  
 Altezza paramento libero 1,40 [m]



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

### LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

#### RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO – ESECUTIVO

Spessore in sommità	0,25	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,25	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

#### Fondazione

Materiale	C25/30	
Lunghezza mensola di valle	0,70	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,40	[m]
Lunghezza totale	1,35	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,30	[m]
Spessore magrone	0,10	[m]

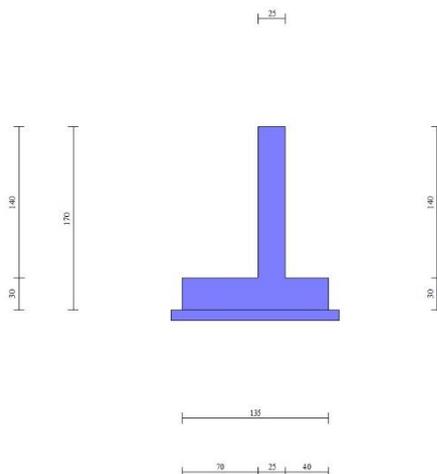


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

#### Descrizione terreni

#### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
g	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
g <sub>s</sub>	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
f	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
d	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [MPa]
c <sub>a</sub>	Adesione terra-muro espressa in [MPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
tl	Tensione tangenziale limite, espressa in [MPa]

n°	Descr	g	g <sub>sat</sub>	f	d	c	ca	Cesp	tl
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]		[MPa]
1	Terreno	18,0000	18,5000	28,000	23,330	0,000	0,000	---	---
2	Base	18,0000	18,5000	23,000	15,333	0,030	0,015	---	---

#### Parametri di deformabilità



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

**Simbologia adottata**

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [MPa]
n	Coeff. di Poisson
Ed	Modulo edometrico, espresso in [MPa]
CR	Rapporto di compressione
RR	Rapporto di ricompressione
OCR	Grado di sovraconsolidazione

n°	Descr	E [MPa]	n	Ed [MPa]	CR	RR	OCR
1	Terreno	4,511	0.300	6,865	0.000	0.000	1.000
2	Base	4,511	0.300	6,865	0.000	0.000	1.000

**Stratigrafia**

**Simbologia adottata**

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')  
 Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	a [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	1,80	0.000	Terreno	2.222	0.943	---	---	---	1,000	1,000
2	3,00	0.000	Base	0.000	0.000	---	---	---	0,000	0,000

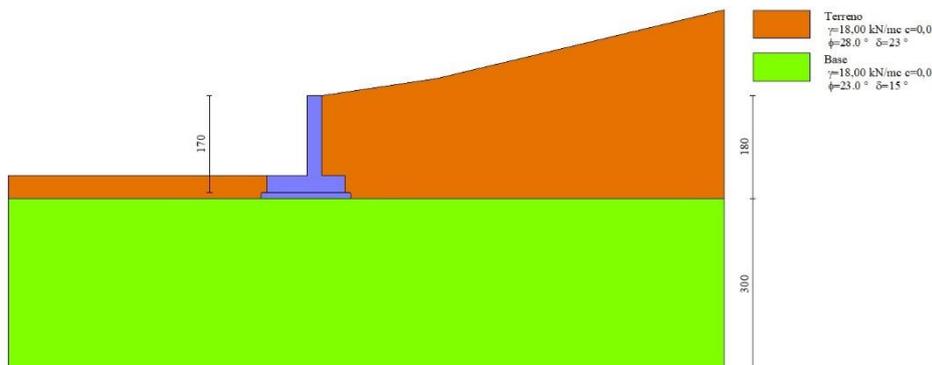


Fig. 2 - Stratigrafia

**Condizioni di carico**

**Simbologia adottata**

Carichi verticali positivi verso il basso.



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.  
 Momento positivo senso antiorario.  
 X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]  
 F<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]  
 F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]  
 M Momento espresso in [kNm]  
 X<sub>i</sub> Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
 X<sub>f</sub> Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
 Q<sub>i</sub> Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [kN]  
 Q<sub>f</sub> Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [kN]

**Condizione n° 1 (Neve) - VARIABILE**

Coeff. di combinazione Y<sub>0</sub>=0.50 - Y<sub>1</sub>=0.20 - Y<sub>2</sub>=0.00

**Carichi sul terreno**

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					0,00	7,00	1,5000	1,5000

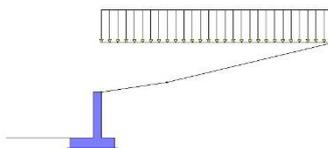


Fig. 3 - Carichi sul terreno

**Normativa**

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

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

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche		
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	g <sub>G1.fav</sub>	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	g <sub>G1.sfav</sub>	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	g <sub>G2.fav</sub>	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	g <sub>G2.sfav</sub>	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	g <sub>Q1.fav</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	g <sub>Q1.sfav</sub>	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	g <sub>Q2.fav</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	g <sub>Q2.sfav</sub>	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

**Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	g <sub>tan(f)</sub>	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	g <sub>c'</sub>	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	g <sub>c<sub>u</sub></sub>	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	g <sub>g</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00

**Coeff. parziali g<sub>R</sub> per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO**

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribalamento	--	--	1.15	--	--	1.00



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

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

Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I valori dei coeff.  $g_G$  e  $g_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

**Simbologia adottata**

g Coefficiente di partecipazione della condizione  
 Y Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Favorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.30	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Favorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Neve	1.30	1.00	Favorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Favorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Neve	1.00	1.00	Favorevole

Combinazione n° 14 - SLEF



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Neve	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Canneto Pavese
Provincia	Pavia
Regione	Lombardia
Latitudine	45.051407
Longitudine	9.279852
Indice punti di interpolazione	14037 - 14259 - 14260 - 14038
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_a$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.909	0.341
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.093	0.035
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.441	2.529
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.276	0.217
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T3	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $b_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	5.072	2.536
Ultimo - Ribaltamento	0.570	7.608	3.804
Esercizio	0.470	2.350	1.175

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**



## **COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

### **LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

#### **RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO – ESECUTIVO**

#### **Opzioni di calcolo**

##### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Coeff. di spinta definiti da strato
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	SI
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

##### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Cascone
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_q$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

##### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

##### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

##### Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5,00 [cm]

##### Cedimenti

Metodo di calcolo delle tensioni	Boussinesq
Metodo di calcolo dei cedimenti	Edometrico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
DH massimo suddivisione strati	1,00 [m]



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Risultati per combinazione**

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione  
 A Tipo azione  
 I Inclinazione della spinta, espressa in [°]  
 V Valore dell'azione, espressa in [kN]  
 C<sub>x</sub>, C<sub>y</sub> Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]  
 P<sub>x</sub>, P<sub>y</sub> Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	14,49	23,33	13,30	5,74	0,40	-1,08
	Peso/Inerzia muro			0,00	18,51/0,00	-0,21	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	11,20/0,00	0,20	-0,68
2	Spinta statica	10,04	23,33	9,22	3,98	0,40	-1,11
	Incremento di spinta sismica		1,56	1,44	0,62	0,40	-1,11
	Peso/Inerzia muro			0,94	18,51/0,47	-0,21	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,52	10,30/0,26	0,20	-0,68
3	Spinta statica	10,04	23,33	9,22	3,98	0,40	-1,11
	Incremento di spinta sismica		1,06	0,98	0,42	0,40	-1,11
	Peso/Inerzia muro			0,94	18,51/0,47	-0,21	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,52	10,30/0,26	0,20	-0,68
4	Spinta statica	14,49	23,33	13,30	5,74	0,40	-1,08
	Peso/Inerzia muro			0,00	24,06/0,00	-0,21	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	14,28/0,00	0,20	-0,68
5	Spinta statica	14,49	23,33	13,30	5,74	0,40	-1,08
	Peso/Inerzia muro			0,00	18,51/0,00	-0,21	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	14,28/0,00	0,20	-0,68
6	Spinta statica	14,49	23,33	13,30	5,74	0,40	-1,08
	Peso/Inerzia muro			0,00	24,06/0,00	-0,21	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	11,20/0,00	0,20	-0,68
13	Spinta statica	11,00	23,33	10,10	4,35	0,40	-1,09
	Peso/Inerzia muro			0,00	18,51/0,00	-0,21	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	10,90/0,00	0,20	-0,68
14	Spinta statica	10,23	23,33	9,40	4,05	0,40	-1,11
	Peso/Inerzia muro			0,00	18,51/0,00	-0,21	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	10,42/0,00	0,20	-0,68
	Diagramma correttivo			0,03		0,00	-0,07
15	Spinta statica	10,04	23,33	9,22	3,98	0,40	-1,11
	Peso/Inerzia muro			0,00	18,51/0,00	-0,21	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	10,30/0,00	0,20	-0,68
	Diagramma correttivo			0,06		0,00	-0,07



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”  
CUP: I15F21001700007  
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

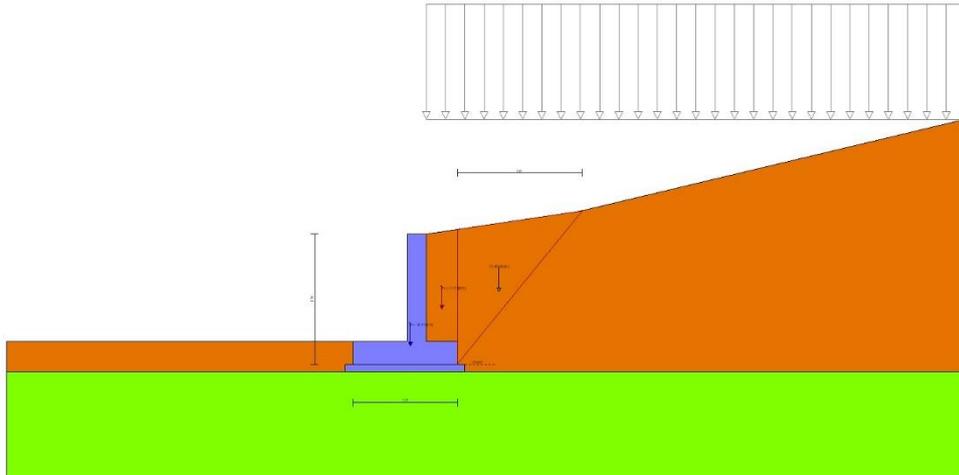


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

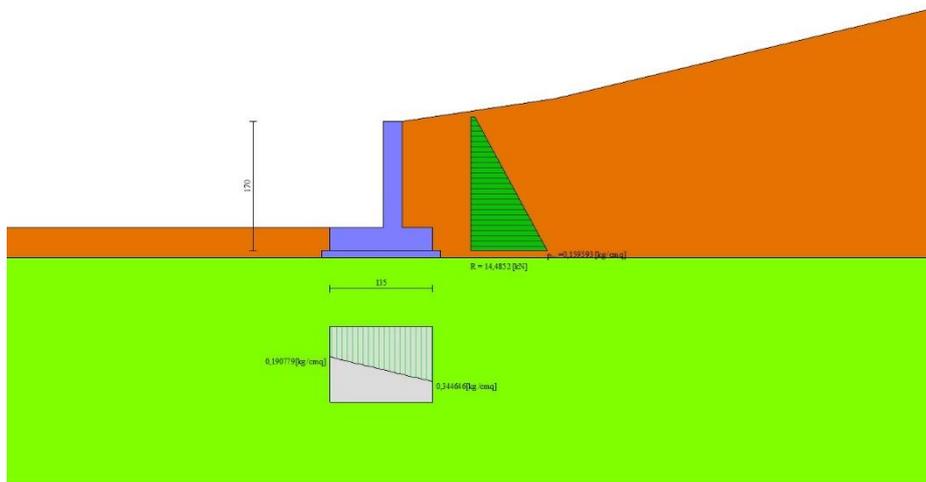


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

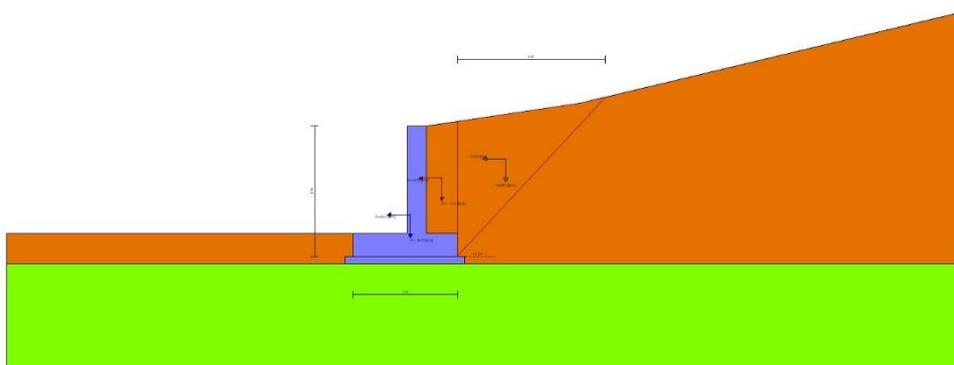


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

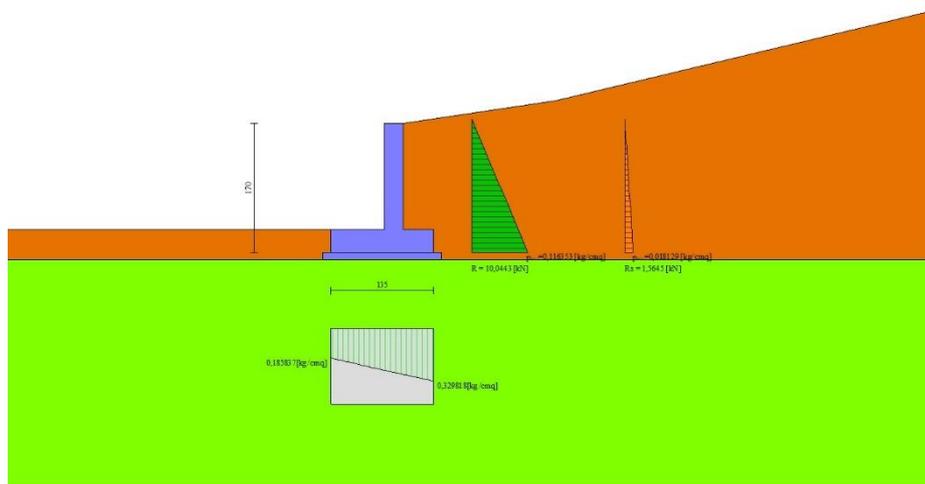


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Verifiche geotecniche

*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

**Simbologia adottata**

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

FS<sub>HYD</sub> Coeff. di sicurezza a sifonamento  
 FS<sub>UPL</sub> Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.149		15.123			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.215		15.777			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.201		16.663			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.429		11.486			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.249		13.033			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.329		13.080			
7 - GEO (A2-M2-R2)					1.269		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.450		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.441		
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.202				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		4.013				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		3.597				

*Verifica a scorrimento fondazione*

**Simbologia adottata**

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

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	15,29	0,00	0,00	--	--	15,29	13,30	1.149
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	14,72	0,00	0,00	--	--	14,72	12,12	1.215
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	14,01	0,00	0,00	--	--	14,01	11,66	1.201
4 - STR (A1-M1-R3)	19,01	0,00	0,00	--	--	19,01	13,30	1.429
5 - STR (A1-M1-R3)	16,62	0,00	0,00	--	--	16,62	13,30	1.249
6 - STR (A1-M1-R3)	17,68	0,00	0,00	--	--	17,68	13,30	1.329

*Verifica a carico limite*

**Simbologia adottata**

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	35,44	536,01	382,87	15.123
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	34,13	538,52	448,77	15.777
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	32,47	541,12	450,93	16.663
4 - STR (A1-M1-R3)	44,08	506,34	361,67	11.486
5 - STR (A1-M1-R3)	38,53	502,20	358,71	13.033
6 - STR (A1-M1-R3)	41,00	536,21	383,01	13.080

**Dettagli calcolo portanza**

**Simbologia adottata**

n° Indice combinazione  
 Nc, Nq, Ng Fattori di capacità portante  
 ic, iq, ig Fattori di inclinazione del carico  
 dc, dq, dg Fattori di profondità del piano di posa  
 gc, gq, gg Fattori di inclinazione del profilo topografico  
 bc, bq, bg Fattori di inclinazione del piano di posa  
 sc, sq, sg Fattori di forma della fondazione  
 pc, pq, pg Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof  
 Ir, Irc Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic  
 rg Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5BgN<sub>g</sub> viene moltiplicato per questo fattore



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
 g Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]  
 f Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
 c Coesione del terreno medio, espresso in [MPa]  
 S<sub>v</sub> Pressione terreno valle, espressa in [MPa]  
 S<sub>m</sub> Pressione terreno monte, espressa in [MPa]  
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Cascone).

n°	Nc Nq Ng	ic iq ig	dc dq dg	gc gq gg	bc bq bg	sc sq sg	pc pq pg	lr	lrc	Re	rg
1	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.781	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
2	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.784	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
3	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.788	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
4	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.736	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
5	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.731	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
6	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.780	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	g [kN/mc]	f [°]	c [MPa]
1	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017
2	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017
3	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017
4	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017
5	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017
6	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017

n°	S <sub>v</sub> [MPa]	S <sub>m</sub> [MPa]
1	0,019	0,034
2	0,018	0,032
3	0,018	0,031
4	0,019	0,046
5	0,016	0,041
6	0,022	0,039

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
10 - EQU (A1-M1-R3)	34,42	8,19	4.202
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	33,29	8,30	4.013
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	31,93	8,88	3.597

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

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



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

lc	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 3,00	4,80	1.269
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0,50; 3,00	4,80	1.450
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 3,00	4,80	1.441

**Dettagli strisce verifiche stabilità**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
 W peso della striscia espresso in [kN]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
 a angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 f angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [MPa]

**Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)**

n°	W	Qy	Qf	b	a	f	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]	[kN]
1	0,73	0,48	0,00	3,73 - 0,25	57.612	23.043	0,000	0,0000	
2	2,07	0,48	0,00	0,25	53.630	23.043	0,000	0,0000	
3	3,17	0,48	0,00	0,25	48.908	23.043	0,000	0,0000	
4	4,08	0,48	0,00	0,25	44.602	23.043	0,000	0,0000	
5	4,82	0,48	0,00	0,25	40.597	23.043	0,000	0,0000	
6	5,44	0,48	0,00	0,25	36.820	23.043	0,000	0,0000	
7	5,94	0,48	0,00	0,25	33.223	23.043	0,000	0,0000	
8	6,40	0,48	0,00	0,25	29.768	23.043	0,000	0,0000	
9	6,82	0,48	0,00	0,25	26.430	23.043	0,000	0,0000	
10	7,16	0,48	0,00	0,25	23.185	23.043	0,000	0,0000	
11	7,43	0,48	0,00	0,25	20.018	23.043	0,000	0,0000	
12	7,63	0,48	0,00	0,25	16.914	23.043	0,000	0,0000	
13	7,76	0,48	0,00	0,25	13.860	23.043	0,000	0,0000	
14	8,08	0,48	0,00	0,25	10.846	23.043	0,000	0,0000	
15	8,34	0,48	0,00	0,25	7.862	23.043	0,000	0,0000	
16	10,31	0,06	0,00	0,25	4.900	23.043	0,000	0,0000	
17	2,65	0,00	0,00	0,25	1.950	23.043	0,000	0,0000	
18	2,22	0,00	0,00	0,25	-0.994	23.043	0,000	0,0000	
19	2,17	0,00	0,00	0,25	-3.941	23.043	0,000	0,0000	
20	1,59	0,00	0,00	0,25	-6.898	23.043	0,000	0,0000	
21	1,43	0,00	0,00	0,25	-9.874	23.043	0,000	0,0000	
22	1,21	0,00	0,00	0,25	-12.877	23.043	0,000	0,0000	
23	0,93	0,00	0,00	0,25	-15.917	23.043	0,000	0,0000	
24	0,59	0,00	0,00	0,25	-19.004	23.043	0,000	0,0000	
25	0,18	0,00	0,00	-2,43 - 0,25	-20.062	23.043	0,000	0,0000	

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

n°	W	Qy	Qf	b	a	f	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]	[kN]
1	0,73	0,00	0,00	3,73 - 0,25	57.612	28.000	0,000	0,0000	
2	2,07	0,00	0,00	0,25	53.630	28.000	0,000	0,0000	
3	3,17	0,00	0,00	0,25	48.908	28.000	0,000	0,0000	
4	4,08	0,00	0,00	0,25	44.602	28.000	0,000	0,0000	
5	4,82	0,00	0,00	0,25	40.597	28.000	0,000	0,0000	
6	5,44	0,00	0,00	0,25	36.820	28.000	0,000	0,0000	
7	5,94	0,00	0,00	0,25	33.223	28.000	0,000	0,0000	
8	6,40	0,00	0,00	0,25	29.768	28.000	0,000	0,0000	
9	6,82	0,00	0,00	0,25	26.430	28.000	0,000	0,0000	
10	7,16	0,00	0,00	0,25	23.185	28.000	0,000	0,0000	
11	7,43	0,00	0,00	0,25	20.018	28.000	0,000	0,0000	
12	7,63	0,00	0,00	0,25	16.914	28.000	0,000	0,0000	
13	7,76	0,00	0,00	0,25	13.860	28.000	0,000	0,0000	
14	8,08	0,00	0,00	0,25	10.846	28.000	0,000	0,0000	
15	8,34	0,00	0,00	0,25	7.862	28.000	0,000	0,0000	
16	10,31	0,00	0,00	0,25	4.900	28.000	0,000	0,0000	
17	2,65	0,00	0,00	0,25	1.950	28.000	0,000	0,0000	
18	2,22	0,00	0,00	0,25	-0.994	28.000	0,000	0,0000	
19	2,17	0,00	0,00	0,25	-3.941	28.000	0,000	0,0000	
20	1,59	0,00	0,00	0,25	-6.898	28.000	0,000	0,0000	



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
21	1,43	0,00	0,00	0,25	-9.874	28.000	0,000	0,0000	
22	1,21	0,00	0,00	0,25	-12.877	28.000	0,000	0,0000	
23	0,93	0,00	0,00	0,25	-15.917	28.000	0,000	0,0000	
24	0,59	0,00	0,00	0,25	-19.004	28.000	0,000	0,0000	
25	0,18	0,00	0,00	-2,43 - 0,25	-20.062	28.000	0,000	0,0000	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,73	0,00	0,00	3,73 - 0,25	57.612	28.000	0,000	0,0000	
2	2,07	0,00	0,00	0,25	53.630	28.000	0,000	0,0000	
3	3,17	0,00	0,00	0,25	48.908	28.000	0,000	0,0000	
4	4,08	0,00	0,00	0,25	44.602	28.000	0,000	0,0000	
5	4,82	0,00	0,00	0,25	40.597	28.000	0,000	0,0000	
6	5,44	0,00	0,00	0,25	36.820	28.000	0,000	0,0000	
7	5,94	0,00	0,00	0,25	33.223	28.000	0,000	0,0000	
8	6,40	0,00	0,00	0,25	29.768	28.000	0,000	0,0000	
9	6,82	0,00	0,00	0,25	26.430	28.000	0,000	0,0000	
10	7,16	0,00	0,00	0,25	23.185	28.000	0,000	0,0000	
11	7,43	0,00	0,00	0,25	20.018	28.000	0,000	0,0000	
12	7,63	0,00	0,00	0,25	16.914	28.000	0,000	0,0000	
13	7,76	0,00	0,00	0,25	13.860	28.000	0,000	0,0000	
14	8,08	0,00	0,00	0,25	10.846	28.000	0,000	0,0000	
15	8,34	0,00	0,00	0,25	7.862	28.000	0,000	0,0000	
16	10,31	0,00	0,00	0,25	4.900	28.000	0,000	0,0000	
17	2,65	0,00	0,00	0,25	1.950	28.000	0,000	0,0000	
18	2,22	0,00	0,00	0,25	-0.994	28.000	0,000	0,0000	
19	2,17	0,00	0,00	0,25	-3.941	28.000	0,000	0,0000	
20	1,59	0,00	0,00	0,25	-6.898	28.000	0,000	0,0000	
21	1,43	0,00	0,00	0,25	-9.874	28.000	0,000	0,0000	
22	1,21	0,00	0,00	0,25	-12.877	28.000	0,000	0,0000	
23	0,93	0,00	0,00	0,25	-15.917	28.000	0,000	0,0000	
24	0,59	0,00	0,00	0,25	-19.004	28.000	0,000	0,0000	
25	0,18	0,00	0,00	-2,43 - 0,25	-20.062	28.000	0,000	0,0000	

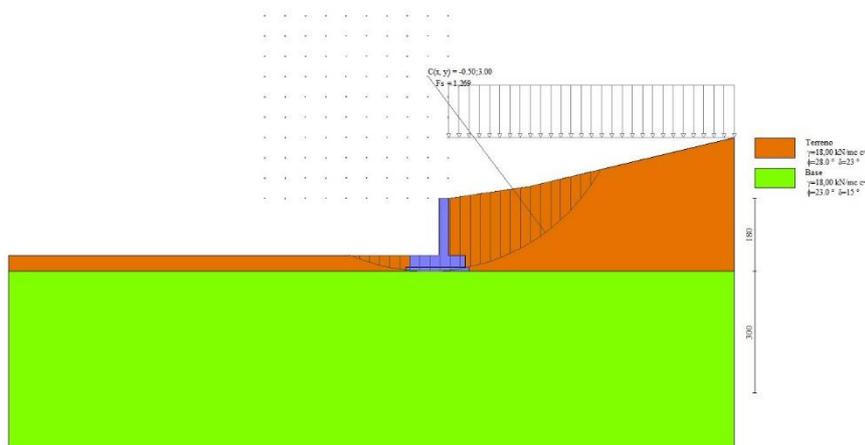


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

**Cedimenti**

Simbologia adottata

Ic                   Indice combinazione  
 X, Y               Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

w Cedimento, espressa in [cm]  
dw Cedimento differenziale, espressa in [cm]

lc	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
13	-0,95; -1,70	0,253	0,000
13	-0,27; -1,70	0,458	0,205
13	0,40; -1,70	0,346	0,093
14	-0,95; -1,70	0,244	0,000
14	-0,27; -1,70	0,447	0,203
14	0,40; -1,70	0,341	0,097
15	-0,95; -1,70	0,242	0,000
15	-0,27; -1,70	0,445	0,203
15	0,40; -1,70	0,339	0,097

**Sollecitazioni**

**Elementi calcolati a trave**

**Simbologia adottata**

n° Indice della sezione  
X Posizione della sezione, espresso in [m]  
N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.  
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle  
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)  
La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

**Paramento**

**Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,66	0,11	0,00
3	-0,20	1,36	0,31	0,01
4	-0,30	2,09	0,57	0,04
5	-0,40	2,85	0,92	0,09
6	-0,50	3,64	1,34	0,18
7	-0,60	4,47	1,84	0,31
8	-0,70	5,33	2,42	0,50
9	-0,80	6,23	3,08	0,73
10	-0,90	7,16	3,81	1,04
11	-1,00	8,12	4,62	1,42
12	-1,10	9,12	5,50	1,87
13	-1,20	10,15	6,47	2,42
14	-1,30	11,21	7,51	3,06
15	-1,40	12,30	8,63	3,81

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,64	0,07	0,00
3	-0,20	1,32	0,20	0,01
4	-0,30	2,02	0,40	0,03
5	-0,40	2,75	0,68	0,07
6	-0,50	3,51	1,02	0,14
7	-0,60	4,31	1,43	0,24
8	-0,70	5,13	1,90	0,38
9	-0,80	5,98	2,45	0,57
10	-0,90	6,86	3,06	0,81
11	-1,00	7,77	3,75	1,12
12	-1,10	8,71	4,50	1,49
13	-1,20	9,68	5,32	1,94
14	-1,30	10,67	6,21	2,47
15	-1,40	11,70	7,17	3,09

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



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,61	0,06	0,00
3	-0,20	1,25	0,20	0,01
4	-0,30	1,92	0,39	0,03
5	-0,40	2,62	0,65	0,07
6	-0,50	3,34	0,98	0,13
7	-0,60	4,10	1,37	0,23
8	-0,70	4,88	1,83	0,37
9	-0,80	5,69	2,35	0,55
10	-0,90	6,52	2,94	0,78
11	-1,00	7,39	3,60	1,08
12	-1,10	8,29	4,32	1,43
13	-1,20	9,21	5,10	1,86
14	-1,30	10,16	5,96	2,37
15	-1,40	11,14	6,87	2,96

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,85	0,11	0,00
3	-0,20	1,73	0,31	0,01
4	-0,30	2,64	0,57	0,04
5	-0,40	3,58	0,92	0,09
6	-0,50	4,56	1,34	0,18
7	-0,60	5,58	1,84	0,31
8	-0,70	6,62	2,42	0,50
9	-0,80	7,70	3,08	0,73
10	-0,90	8,81	3,81	1,04
11	-1,00	9,96	4,62	1,42
12	-1,10	11,14	5,50	1,87
13	-1,20	12,35	6,47	2,42
14	-1,30	13,60	7,51	3,06
15	-1,40	14,88	8,63	3,81

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,66	0,11	0,00
3	-0,20	1,36	0,31	0,01
4	-0,30	2,09	0,57	0,04
5	-0,40	2,85	0,92	0,09
6	-0,50	3,64	1,34	0,18
7	-0,60	4,47	1,84	0,31
8	-0,70	5,33	2,42	0,50
9	-0,80	6,23	3,08	0,73
10	-0,90	7,16	3,81	1,04
11	-1,00	8,12	4,62	1,42
12	-1,10	9,12	5,50	1,87
13	-1,20	10,15	6,47	2,42
14	-1,30	11,21	7,51	3,06
15	-1,40	12,30	8,63	3,81

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,85	0,11	0,00
3	-0,20	1,73	0,31	0,01
4	-0,30	2,64	0,57	0,04
5	-0,40	3,58	0,92	0,09
6	-0,50	4,56	1,34	0,18
7	-0,60	5,58	1,84	0,31
8	-0,70	6,62	2,42	0,50
9	-0,80	7,70	3,08	0,73
10	-0,90	8,81	3,81	1,04
11	-1,00	9,96	4,62	1,42
12	-1,10	11,14	5,50	1,87
13	-1,20	12,35	6,47	2,42
14	-1,30	13,60	7,51	3,06
15	-1,40	14,88	8,63	3,81



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007  
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

Combinazione n° 13 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,65	0,08	0,00
3	-0,20	1,32	0,22	0,01
4	-0,30	2,02	0,42	0,03
5	-0,40	2,74	0,68	0,07
6	-0,50	3,49	1,00	0,13
7	-0,60	4,27	1,37	0,23
8	-0,70	5,07	1,81	0,37
9	-0,80	5,90	2,30	0,54
10	-0,90	6,75	2,86	0,77
11	-1,00	7,63	3,48	1,06
12	-1,10	8,53	4,15	1,40
13	-1,20	9,46	4,88	1,81
14	-1,30	10,42	5,68	2,30
15	-1,40	11,40	6,53	2,86

Combinazione n° 14 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,63	0,07	0,00
3	-0,20	1,29	0,17	0,01
4	-0,30	1,97	0,33	0,02
5	-0,40	2,68	0,55	0,05
6	-0,50	3,41	0,83	0,11
7	-0,60	4,17	1,17	0,19
8	-0,70	4,95	1,56	0,30
9	-0,80	5,76	2,02	0,46
10	-0,90	6,60	2,53	0,66
11	-1,00	7,46	3,11	0,91
12	-1,10	8,34	3,74	1,22
13	-1,20	9,26	4,44	1,59
14	-1,30	10,19	5,19	2,03
15	-1,40	11,16	6,01	2,54

Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,63	0,07	0,00
3	-0,20	1,28	0,18	0,01
4	-0,30	1,96	0,33	0,03
5	-0,40	2,66	0,54	0,06
6	-0,50	3,39	0,80	0,11
7	-0,60	4,14	1,13	0,19
8	-0,70	4,92	1,52	0,30
9	-0,80	5,73	1,96	0,45
10	-0,90	6,56	2,47	0,64
11	-1,00	7,41	3,04	0,89
12	-1,10	8,30	3,66	1,19
13	-1,20	9,20	4,35	1,55
14	-1,30	10,14	5,09	1,98
15	-1,40	11,10	5,89	2,49



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

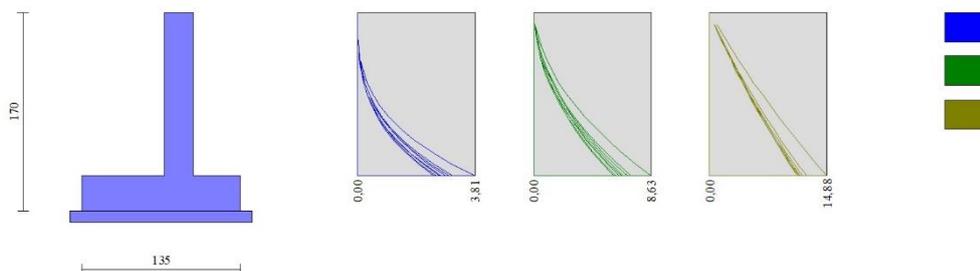


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

**Fondazione**

**Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,95	0,00	0,00	0,00
2	-0,85	0,00	1,19	0,06
3	-0,75	0,00	2,49	0,24
4	-0,65	0,00	3,91	0,56
5	-0,55	0,00	5,44	1,03
6	-0,45	0,00	7,07	1,65
7	-0,35	0,00	8,82	2,45
8	-0,25	0,00	10,69	3,42
9	0,00	0,00	-4,60	-0,88
10	0,08	0,00	-3,58	-0,55
11	0,16	0,00	-2,61	-0,31
12	0,24	0,00	-1,69	-0,13
13	0,32	0,00	-0,82	-0,03
14	0,40	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,95	0,00	0,00	0,00
2	-0,85	0,00	1,14	0,06
3	-0,75	0,00	2,38	0,23
4	-0,65	0,00	3,73	0,54
5	-0,55	0,00	5,18	0,98
6	-0,45	0,00	6,74	1,58
7	-0,35	0,00	8,40	2,33
8	-0,25	0,00	10,17	3,26
9	0,00	0,00	-1,14	-0,19
10	0,08	0,00	-0,81	-0,11
11	0,16	0,00	-0,53	-0,06
12	0,24	0,00	-0,31	-0,02
13	0,32	0,00	-0,13	0,00
14	0,40	0,00	0,00	0,00

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



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007  
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,95	0,00	0,00	0,00
2	-0,85	0,00	1,07	0,05
3	-0,75	0,00	2,24	0,22
4	-0,65	0,00	3,50	0,50
5	-0,55	0,00	4,86	0,92
6	-0,45	0,00	6,31	1,48
7	-0,35	0,00	7,86	2,19
8	-0,25	0,00	9,51	3,05
9	0,00	0,00	-1,79	-0,32
10	0,08	0,00	-1,35	-0,20
11	0,16	0,00	-0,94	-0,11
12	0,24	0,00	-0,58	-0,04
13	0,32	0,00	-0,27	-0,01
14	0,40	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,95	0,00	0,00	0,00
2	-0,85	0,00	1,05	0,05
3	-0,75	0,00	2,30	0,22
4	-0,65	0,00	3,75	0,52
5	-0,55	0,00	5,40	0,97
6	-0,45	0,00	7,26	1,60
7	-0,35	0,00	9,31	2,43
8	-0,25	0,00	11,57	3,47
9	0,00	0,00	-1,21	-0,15
10	0,08	0,00	-0,76	-0,08
11	0,16	0,00	-0,41	-0,03
12	0,24	0,00	-0,16	-0,01
13	0,32	0,00	-0,03	0,00
14	0,40	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,95	0,00	0,00	0,00
2	-0,85	0,00	0,97	0,05
3	-0,75	0,00	2,13	0,20
4	-0,65	0,00	3,47	0,48
5	-0,55	0,00	4,99	0,90
6	-0,45	0,00	6,70	1,48
7	-0,35	0,00	8,59	2,25
8	-0,25	0,00	10,66	3,21
9	0,00	0,00	-2,33	-0,39
10	0,08	0,00	-1,67	-0,23
11	0,16	0,00	-1,11	-0,12
12	0,24	0,00	-0,65	-0,05
13	0,32	0,00	-0,28	-0,01
14	0,40	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,95	0,00	0,00	0,00
2	-0,85	0,00	1,26	0,06
3	-0,75	0,00	2,66	0,26
4	-0,65	0,00	4,19	0,60
5	-0,55	0,00	5,84	1,10
6	-0,45	0,00	7,63	1,77
7	-0,35	0,00	9,55	2,63
8	-0,25	0,00	11,59	3,69
9	0,00	0,00	-3,48	-0,65
10	0,08	0,00	-2,66	-0,40
11	0,16	0,00	-1,91	-0,22
12	0,24	0,00	-1,21	-0,09
13	0,32	0,00	-0,57	-0,02
14	0,40	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 13 - SLER



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,95	0,00	0,00	0,00
2	-0,85	0,00	0,78	0,04
3	-0,75	0,00	1,72	0,16
4	-0,65	0,00	2,82	0,39
5	-0,55	0,00	4,08	0,73
6	-0,45	0,00	5,49	1,21
7	-0,35	0,00	7,06	1,83
8	-0,25	0,00	8,78	2,63
9	0,00	0,00	-0,85	-0,10
10	0,08	0,00	-0,51	-0,05
11	0,16	0,00	-0,26	-0,02
12	0,24	0,00	-0,09	0,00
13	0,32	0,00	0,00	0,00
14	0,40	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 14 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,95	0,00	0,00	0,00
2	-0,85	0,00	0,69	0,03
3	-0,75	0,00	1,54	0,14
4	-0,65	0,00	2,55	0,35
5	-0,55	0,00	3,72	0,66
6	-0,45	0,00	5,06	1,10
7	-0,35	0,00	6,57	1,68
8	-0,25	0,00	8,23	2,41
9	0,00	0,00	-0,48	-0,02
10	0,08	0,00	-0,21	0,00
11	0,16	0,00	-0,03	0,01
12	0,24	0,00	0,07	0,01
13	0,32	0,00	0,08	0,00
14	0,40	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,95	0,00	0,00	0,00
2	-0,85	0,00	0,67	0,03
3	-0,75	0,00	1,50	0,14
4	-0,65	0,00	2,50	0,34
5	-0,55	0,00	3,66	0,65
6	-0,45	0,00	4,99	1,08
7	-0,35	0,00	6,47	1,65
8	-0,25	0,00	8,13	2,38
9	0,00	0,00	-0,41	-0,01
10	0,08	0,00	-0,16	0,01
11	0,16	0,00	0,01	0,02
12	0,24	0,00	0,10	0,01
13	0,32	0,00	0,09	0,00
14	0,40	0,00	0,00	0,00



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007  
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

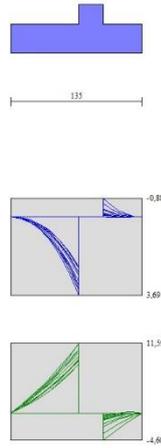


Fig. 10 - Fondazione (Inviluppo)



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

**Risultati per inviluppo**

Spinta e forze

Simbologia adottata

- Ic      Indice della combinazione
- A      Tipo azione
- I      Inclinazione della spinta, espressa in [°]
- V      Valore dell'azione, espressa in [kN]
- C<sub>x</sub>, C<sub>y</sub>      Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
- P<sub>x</sub>, P<sub>y</sub>      Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	14,49	23,33	13,30	5,74	0,40	-1,08
	Peso/inerzia muro			0,00	18,51/0,00	-0,21	-1,16
	Peso/inerzia terrapieno			0,00	11,20/0,00	0,20	-0,68

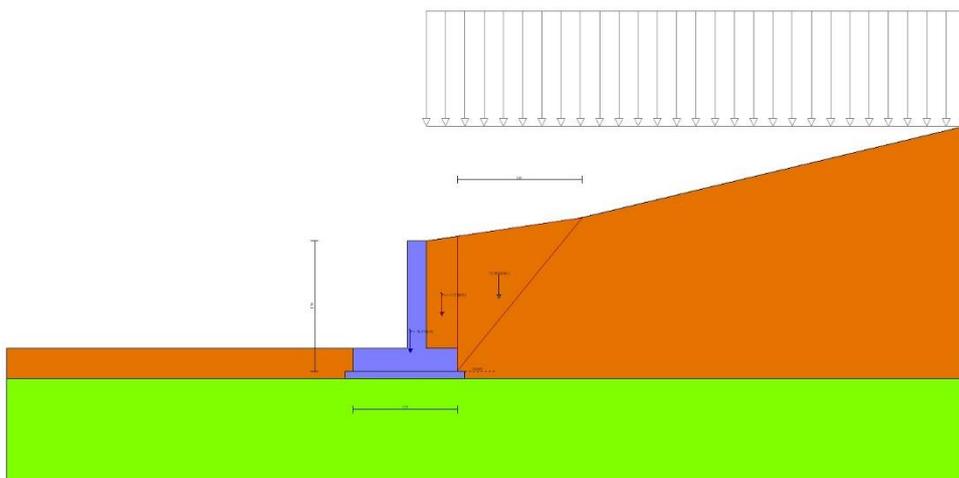


Fig. 11 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

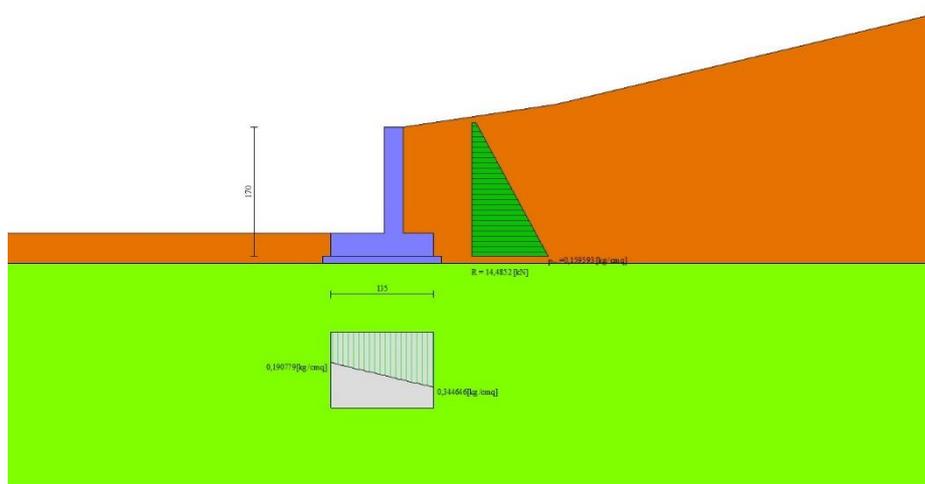


Fig. 12 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

Verifiche geotecniche

*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

**Simbologia adottata**

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.149		15.123			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.215		15.777			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.201		16.663			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.429		11.486			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.249		13.033			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.329		13.080			
7 - GEO (A2-M2-R2)					1.269		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.450		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.441		
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.202				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		4.013				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		3.597				

*Verifica a scorrimento fondazione*

**Simbologia adottata**

n°	Indice combinazione
R <sub>sa</sub>	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
R <sub>pt</sub>	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
R <sub>ps</sub>	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
R <sub>p</sub>	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
R <sub>t</sub>	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di R <sub>sa</sub> +R <sub>pt</sub> +R <sub>ps</sub> +R <sub>p</sub> ), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

### LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"

CUP: I15F21001700007

#### RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO – ESECUTIVO

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	15,29	0,00	0,00	--	--	15,29	13,30	1.149

#### Verifica a carico limite

##### Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
4 - STR (A1-M1-R3)	44,08	506,34	361,67	11.486

#### Dettagli calcolo portanza

##### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ng	Fattori di capacità portante
ic, iq, ig	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dg	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gg	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, bg	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sg	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, pg	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
rg	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_g N_g$ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
g	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [MPa]
s <sub>v</sub>	Pressione terreno valle, espressa in [MPa]
s <sub>m</sub>	Pressione terreno monte, espressa in [MPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo "--" sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Cascone).

n°	Nc Nq Ng	ic iq ig	dc dq dg	gc gq gg	bc bq bg	sc sq sg	pc pq pg	Ir	Irc	Re	rg
4	25.376 12.903 8.391	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.300 1.000 0.800	-- -- --	--	--	0.736	1.000

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	g [kN/mc]	f [°]	c [MPa]
4	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017

n°	s <sub>v</sub> [MPa]	s <sub>m</sub> [MPa]
4	0,019	0,046

#### Verifica a ribaltamento

##### Simbologia adottata

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

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	31,93	8,88	3.597



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

*Verifica stabilità globale muro + terreno*

**Simbologia adottata**

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

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 3,00	4,80	1.269

**Dettagli strisce verifiche stabilità**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
 W      peso della striscia espresso in [kN]  
 Qy     carico sulla striscia espresso in [kN]  
 Qf     carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
 a      angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 f      angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c      coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
 b      larghezza della striscia espressa in [m]  
 u      pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
 Tx; Ty      Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [MPa]

n°	W	Qy	Qf	b	a	f	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]	[kN]
1	0,73	0,48	0,00	3,73 - 0,25	57.612	23.043	0,000	0,0000	
2	2,07	0,48	0,00	0,25	53.630	23.043	0,000	0,0000	
3	3,17	0,48	0,00	0,25	48.908	23.043	0,000	0,0000	
4	4,08	0,48	0,00	0,25	44.602	23.043	0,000	0,0000	
5	4,82	0,48	0,00	0,25	40.597	23.043	0,000	0,0000	
6	5,44	0,48	0,00	0,25	36.820	23.043	0,000	0,0000	
7	5,94	0,48	0,00	0,25	33.223	23.043	0,000	0,0000	
8	6,40	0,48	0,00	0,25	29.768	23.043	0,000	0,0000	
9	6,82	0,48	0,00	0,25	26.430	23.043	0,000	0,0000	
10	7,16	0,48	0,00	0,25	23.185	23.043	0,000	0,0000	
11	7,43	0,48	0,00	0,25	20.018	23.043	0,000	0,0000	
12	7,63	0,48	0,00	0,25	16.914	23.043	0,000	0,0000	
13	7,76	0,48	0,00	0,25	13.860	23.043	0,000	0,0000	
14	8,08	0,48	0,00	0,25	10.846	23.043	0,000	0,0000	
15	8,34	0,48	0,00	0,25	7.862	23.043	0,000	0,0000	
16	10,31	0,06	0,00	0,25	4.900	23.043	0,000	0,0000	
17	2,65	0,00	0,00	0,25	1.950	23.043	0,000	0,0000	
18	2,22	0,00	0,00	0,25	-0.994	23.043	0,000	0,0000	
19	2,17	0,00	0,00	0,25	-3.941	23.043	0,000	0,0000	
20	1,59	0,00	0,00	0,25	-6.898	23.043	0,000	0,0000	
21	1,43	0,00	0,00	0,25	-9.874	23.043	0,000	0,0000	
22	1,21	0,00	0,00	0,25	-12.877	23.043	0,000	0,0000	
23	0,93	0,00	0,00	0,25	-15.917	23.043	0,000	0,0000	
24	0,59	0,00	0,00	0,25	-19.004	23.043	0,000	0,0000	
25	0,18	0,00	0,00	-2,43 - 0,25	-20.062	23.043	0,000	0,0000	



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

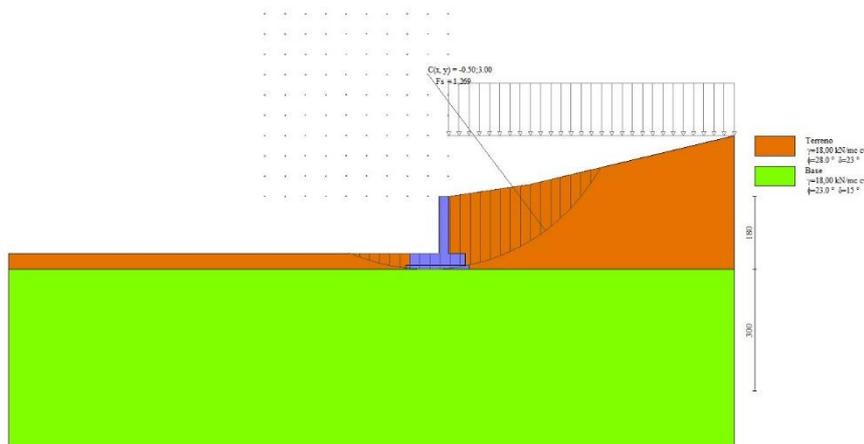


Fig. 13 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

**Cedimenti**

**Simbologia adottata**

- lc           Indice combinazione
- X, Y        Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
- w           Cedimento, espressa in [cm]
- dw          Cedimento differenziale, espressa in [cm]

lc	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
13	-0,95; -1,70	0,253	0,000
13	-0,27; -1,70	0,458	0,205
13	0,40; -1,70	0,346	0,093

**Sollecitazioni**

**Elementi calcolati a trave**

**Simbologia adottata**

- n°           Indice della sezione
  - X            Posizione della sezione, espresso in [m]
  - N            Storzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
  - T            Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
  - M            Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)
- La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

**Paramento**

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,61	0,85	0,06	0,11	0,00	0,00
3	-0,20	1,25	1,73	0,17	0,31	0,01	0,01
4	-0,30	1,92	2,64	0,33	0,57	0,02	0,04
5	-0,40	2,62	3,58	0,54	0,92	0,05	0,09
6	-0,50	3,34	4,56	0,80	1,34	0,11	0,18
7	-0,60	4,10	5,58	1,13	1,84	0,19	0,31
8	-0,70	4,88	6,62	1,52	2,42	0,30	0,50
9	-0,80	5,69	7,70	1,96	3,08	0,45	0,73
10	-0,90	6,52	8,81	2,47	3,81	0,64	1,04
11	-1,00	7,39	9,96	3,04	4,62	0,89	1,42



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
12	-1,10	8,29	11,14	3,66	5,50	1,19	1,87
13	-1,20	9,20	12,35	4,35	6,47	1,55	2,42
14	-1,30	10,14	13,60	5,09	7,51	1,98	3,06
15	-1,40	11,10	14,88	5,89	8,63	2,49	3,81

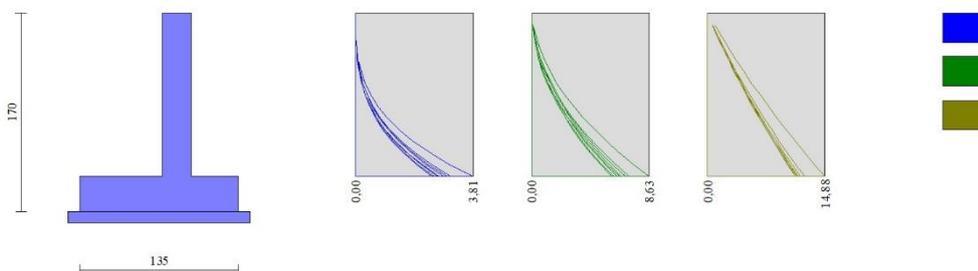


Fig. 14 - Paramento

*Fondazione*

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	-0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,85	0,00	0,00	0,67	1,26	0,03	0,06
3	-0,75	0,00	0,00	1,50	2,66	0,14	0,26
4	-0,65	0,00	0,00	2,50	4,19	0,34	0,60
5	-0,55	0,00	0,00	3,66	5,84	0,65	1,10
6	-0,45	0,00	0,00	4,99	7,63	1,08	1,77
7	-0,35	0,00	0,00	6,47	9,55	1,65	2,63
8	-0,25	0,00	0,00	8,13	11,59	2,38	3,69
9	0,00	0,00	0,00	-4,60	-0,41	-0,88	-0,01
10	0,08	0,00	0,00	-3,58	-0,16	-0,55	0,01
11	0,16	0,00	0,00	-2,61	0,01	-0,31	0,02
12	0,24	0,00	0,00	-1,69	0,10	-0,13	0,01
13	0,32	0,00	0,00	-0,82	0,09	-0,03	0,00
14	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007  
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

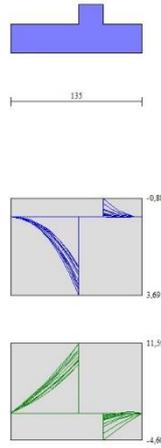


Fig. 15 - Fondazione



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

**Elenco ferri**

**Simbologia adottata**

n°	Indice del ferro
nf	numero ferri
D	diametro ferro espresso in [mm]
L	Lunghezza ferro espresso in [m]
P <sub>ferro</sub>	Peso ferro espresso in [kN]

**Computo metrico**

	<b>U.M.</b>	<b>Quantità</b>	<b>Prezzo unitario</b>	<b>Importo</b>
			<i>[Euro]</i>	<i>[Euro]</i>
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	0,35	72.30	25.30
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	0,41	61.97	25.10
Calcestruzzo magro	[mc]	0,16	46.48	7.20
Casseformi	[mq]	2.80	13.94	39.03
Scavo a sezione obbligata	[mc]	0,41	9.30	3.77
<b>Totale muro</b>				<b>100,41</b>
<b>Totale</b>				<b>100,41</b>



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

**Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)**

**Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo**

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

**Tipo di analisi svolta**

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

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

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

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

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

**Origine e caratteristiche dei codici di calcolo**

Titolo                   MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno  
Versione                16.20 B  
Produttore            Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)

**Affidabilità dei codici di calcolo**

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

**Modalità di presentazione dei risultati**

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

**Informazioni generali sull'elaborazione**

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

**Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

\_\_\_\_\_ Il progettista

( )



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Indice**

Normative di riferimento	77
Richiami teorici	78
Calcolo della spinta sul muro	78
Valori caratteristici e valori di calcolo	78
Metodo di Culmann	78
Spinta in presenza di falda	78
Spinta in presenza di sisma	79
Verifica a ribaltamento	79
Verifica a scorrimento	80
Verifica al carico limite	80
Verifica alla stabilità globale	81
Cedimenti della fondazione	82
Dati	83
Materiali	83
Calcestruzzo armato	83
Acciai	83
Geometria profilo terreno a monte del muro	83
Geometria muro	83
Geometria paramento e fondazione	83
Descrizione terreni	84
Stratigrafia	85
Condizioni di carico	85
Normativa	86
Descrizione combinazioni di carico	87
Dati sismici	89
Opzioni di calcolo	90
Risultati per combinazione	91
Spinta e forze	91
Verifiche geotecniche	93
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	93
Verifica a scorrimento fondazione	94
Verifica a carico limite	94
Dettagli calcolo portanza	94
Verifica a ribaltamento	95
Verifica stabilità globale muro + terreno	95
Dettagli strisce verifiche stabilità	96
Cedimenti	97
Sollecitazioni	98
Paramento	98
Fondazione	101
	114



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

**CUP: I15F21001700007**

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

Risultati per inviluppo	105
Spinta e forze	105
Verifiche geotecniche	106
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	106
Verifica a scorrimento fondazione	106
Verifica a carico limite	107
Dettagli calcolo portanza	107
Verifica a ribaltamento	107
Verifica stabilità globale muro + terreno	108
Dettagli strisce verifiche stabilità	108
Cedimenti	109
Sollecitazioni	109
Paramento	109
Fondazione	110
Elenco ferri	112
Computo metrico	112
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	113



## **COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

**CUP: I15F21001700007**

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Progetto: MURO H=110CM**  
**Comune: CANNETO PAVESE**  
**Progettista: ING.NICOLA VITALI**  
**Direttore dei Lavori: ING.NICOLA VITALI**

### **Normative di riferimento**

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

### **Richiami teorici**

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

### Calcolo della spinta sul muro

#### *Valori caratteristici e valori di calcolo*

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

#### *Metodo di Culmann*

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $r$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

#### *Spinta in presenza di falda*

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

### *Spinta in presenza di sisma*

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\epsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\epsilon' = \epsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

dove  $q = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ . In presenza di falda a monte,  $q$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$DS = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2 \beta \cos \theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $q$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi. Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Il momento ribaltante  $M$ , è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $d$  è positivo, ribaltante se  $d$  è negativo.  $d$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante. Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

**Verifica a scorrimento**

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $d_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan d_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $d_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $d_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

**Verifica al carico limite**

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

**Cascone** ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = c N_c s_c + q N_q + 0.5 B \gamma N_{\gamma} s_{\gamma}$$

La simbologia adottata è la seguente:

- $c$  coesione del terreno in fondazione;
- $f$  angolo di attrito del terreno in fondazione;
- $g$  peso di volume del terreno in fondazione;
- $B$  larghezza della fondazione;
- $D$  profondità del piano di posa;
- $q$  pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di capacità portante	$N_c = (N_q - 1) \cotg \varphi$	$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)}$ dove $e^{(0.75\pi - \frac{\varphi}{2}) \tan \varphi}$	$N_{\gamma} = \frac{\tan \varphi}{2} \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$	
------------------------------	---------------------------------	---	--	--



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Fattori di forma	$s_c = 1$ $s_c = 1.3$		$s_y = 1$ $s_y = 0.8$	per fondazioni nastriformi per fondazioni quadrate
------------------	--------------------------	--	--------------------------	---

Il termine  $K_{pg}$  che compare nell'espressione di  $N_g$  non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per  $N_g$  l'espressione proposta da Meyerhof

$$N_Y = (N_q - 1) \tan(1.4\varphi)$$

$$N_{YE} = N_Y e_{Yk} e_{Yi}$$

dove:

$e_{Yk}$  è un coeff. correttivo che tiene conto dell'effetto cinematico

$e_{Yi}$  è un coeff. correttivo che tiene conto dell'effetto inerziale

$e_{Yk} = \left(1 - \frac{K_{hk}}{\tan \varphi}\right)^{0.45}$	$e_{Yi} = \left(1 - 0.7 \frac{K_{hi}}{\tan \varphi}\right)^{0.50}$
--	--

$K_{hk}$  è il valore del coeff. di accelerazione sismica orizzontale del terreno

$K_{hi}$  è il valore del coeff. di accelerazione sismica orizzontale della struttura

Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B g N_g$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_Y r_\gamma$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $h_g$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $a_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $f_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $h$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $h$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### Cedimenti della fondazione

#### **Metodo Edometrico**

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da Terzaghi negli anni '20. L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione.

Tuttavia il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_{ed,i}} \Delta z_i$$

dove:

$D_s$  è la tensione indotta nel terreno, alla profondità  $z$ , dalla pressione di contatto della fondazione;

$E_{ed}$  è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato  $i$ -esimo;

$D_z$  rappresenta lo spessore dello strato  $i$ -esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.

Lo spessore dello strato compressibile considerato nell'analisi dei cedimenti è stato determinato in funzione della percentuale della tensione di contatto.



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

### LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

#### RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO – ESECUTIVO

#### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
g	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [MPa]
f <sub>cm</sub>	Resistenza caratteristica media a compressione, espressa in [MPa]
E	Modulo elastico, espresso in [MPa]
n	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	N / E	C	A	g [kN/mc]	R <sub>ck</sub> / f <sub>cm</sub> [MPa]	E [MPa]	n	n	ntc
1	C25/30	N E	C25/30	B450C	24,5170	30,000 24,517	31447,0 28791,3	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [MPa]	f <sub>uk</sub> [MPa]	f <sub>ym</sub> [MPa]
B450C	450,000	540,000	0,000

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	2,00	0,30	8.531
3	7,00	1,50	13.496

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

#### Geometria muro

##### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 1,00 [m]

##### Paramento

Materiale C25/30  
 Altezza paramento 1,10 [m]  
 Altezza paramento libero 1,10 [m]



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

Spessore in sommità	0,25	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,25	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

**Fondazione**

Materiale	C25/30	
Lunghezza mensola di valle	0,60	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,25	[m]
Lunghezza totale	1,10	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,30	[m]
Spessore magrone	0,10	[m]

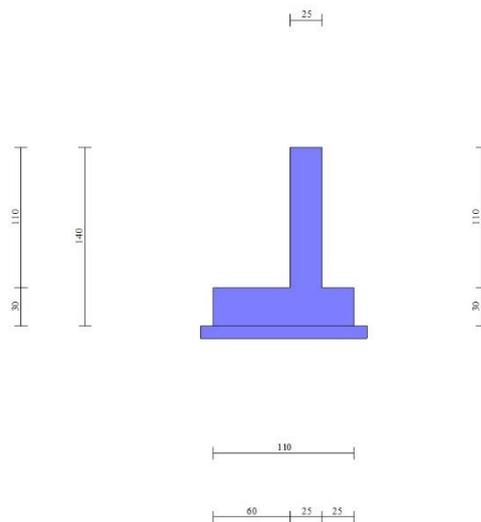


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

**Descrizione terreni**

**Parametri di resistenza**

**Simbologia adottata**

- n° Indice del terreno
- Descr Descrizione terreno
- g Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
- g<sub>s</sub> Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
- f Angolo d'attrito interno espresso in [°]
- d Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
- c Coesione espressa in [MPa]
- c<sub>a</sub> Adesione terra-muro espressa in [MPa]
- Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix
- Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
- tl Tensione tangenziale limite, espressa in [MPa]

n°	Descr	g [kN/mc]	g <sub>sat</sub> [kN/mc]	f [°]	d [°]	c [MPa]	c <sub>a</sub> [MPa]	Cesp	tl [MPa]
1	Terreno	18,0000	18,5000	28,000	23,330	0,000	0,000	---	---
2	Base	18,0000	18,5000	23,000	15,333	0,030	0,015	---	---



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Parametri di deformabilità

**Simbologia adottata**

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [MPa]
n	Coeff. di Poisson
Ed	Modulo edometrico, espresso in [MPa]
CR	Rapporto di compressione
RR	Rapporto di ricomprensione
OCR	Grado di sovraconsolidazione

n°	Descr	E [MPa]	n	Ed [MPa]	CR	RR	OCR
1	Terreno	4,511	0.300	6,865	0.000	0.000	1.000
2	Base	4,511	0.300	6,865	0.000	0.000	1.000

Stratigrafia

**Simbologia adottata**

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')  
 Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	a [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	1,50	0.000	Terreno	2.222	0.943	---	---	---	1,000	1,000
2	3,00	0.000	Base	0.000	0.000	---	---	---	0,000	0,000

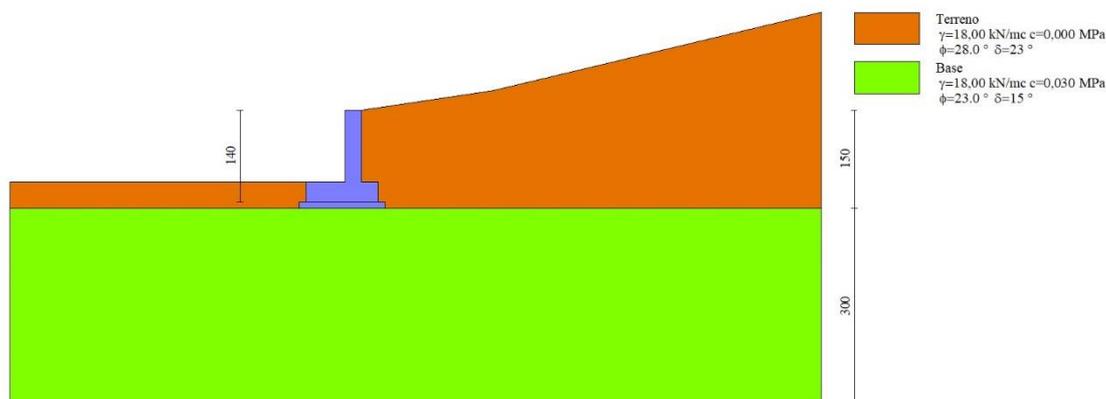


Fig. 2 - Stratigrafia



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

### LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

#### RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO – ESECUTIVO

### Condizioni di carico

#### Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F <sub>x</sub>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X <sub>i</sub>	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X <sub>f</sub>	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q <sub>i</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>i</sub> espressa in [kN]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kN]

#### Condizione n° 1 (Neve) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $Y_0=0.50 - Y_1=0.20 - Y_2=0.00$

#### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					0,00	7,00	1,5000	1,5000

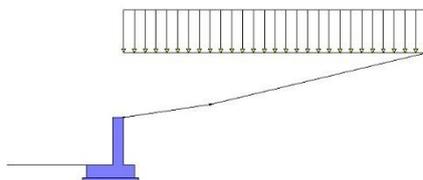


Fig. 3 - Carichi sul terreno

### Normativa

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

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

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche		
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	g <sub>G1.fav</sub>	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	g <sub>G1.sfav</sub>	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	g <sub>G2.fav</sub>	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	g <sub>G2.sfav</sub>	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	g <sub>Q.fav</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	g <sub>Q.sfav</sub>	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	g <sub>QT.fav</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	g <sub>QT.sfav</sub>	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

#### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	g <sub>tan(f)</sub>	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	g <sub>c'</sub>	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	g <sub>cu</sub>	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	g <sub>γ</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

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

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I valori dei coeff.  $g_G$  e  $g_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

g Coefficiente di partecipazione della condizione  
Y Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Neve	1.30	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Neve	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Neve	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Canneto Pavese
Provincia	Pavia
Regione	Lombardia
Latitudine	45.051407
Longitudine	9.279852
Indice punti di interpolazione	14037 - 14259 - 14260 - 14038
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.909	0.341
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.093	0.035
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.441	2.529
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.276	0.217
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T3	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $b_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	5.072	2.536
Ultimo - Ribaltamento	0.570	7.608	3.804
Esercizio	0.470	2.350	1.175

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Opzioni di calcolo**

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Coeff. di spinta definiti da strato
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	SI
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Cascone
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_q$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5,00 [cm]

Cedimenti

Metodo di calcolo delle tensioni	Boussinesq
Metodo di calcolo dei cedimenti	Edometrico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
DH massimo suddivisione strati	1,00 [m]



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Risultati per combinazione**

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione  
 A Tipo azione  
 I Inclinazione della spinta, espressa in [°]  
 V Valore dell'azione, espressa in [kN]  
 C<sub>x</sub>, C<sub>y</sub> Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]  
 P<sub>x</sub>, P<sub>y</sub> Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	9,88	23,33	9,07	3,91	0,25	-0,89
	Peso/Inerzia muro			0,00	14,83/0,00	-0,22	-0,93
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	5,60/0,00	0,13	-0,54
2	Spinta statica	6,70	23,33	6,15	2,65	0,25	-0,92
	Incremento di spinta sismica		1,03	0,94	0,41	0,25	-0,92
	Peso/Inerzia muro			0,75	14,83/0,38	-0,22	-0,93
	Peso/Inerzia terrapieno			0,26	5,03/0,13	0,13	-0,54
3	Spinta statica	6,70	23,33	6,15	2,65	0,25	-0,92
	Incremento di spinta sismica		0,69	0,63	0,27	0,25	-0,92
	Peso/Inerzia muro			0,75	14,83/-0,38	-0,22	-0,93
	Peso/Inerzia terrapieno			0,26	5,03/-0,13	0,13	-0,54
4	Spinta statica	9,88	23,33	9,07	3,91	0,25	-0,89
	Peso/Inerzia muro			0,00	19,28/0,00	-0,22	-0,93
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	7,11/0,00	0,13	-0,54
5	Spinta statica	9,88	23,33	9,07	3,91	0,25	-0,89
	Peso/Inerzia muro			0,00	14,83/0,00	-0,22	-0,93
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	7,11/0,00	0,13	-0,54
6	Spinta statica	9,88	23,33	9,07	3,91	0,25	-0,89
	Peso/Inerzia muro			0,00	19,28/0,00	-0,22	-0,93
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	5,60/0,00	0,13	-0,54
13	Spinta statica	7,48	23,33	6,87	2,96	0,25	-0,90
	Peso/Inerzia muro			0,00	14,83/0,00	-0,22	-0,93
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	5,41/0,00	0,13	-0,54
14	Spinta statica	6,86	23,33	6,30	2,72	0,25	-0,92
	Peso/Inerzia muro			0,00	14,83/0,00	-0,22	-0,93
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	5,11/0,00	0,13	-0,54
15	Spinta statica	6,70	23,33	6,15	2,65	0,25	-0,92
	Peso/Inerzia muro			0,00	14,83/0,00	-0,22	-0,93
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	5,03/0,00	0,13	-0,54



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

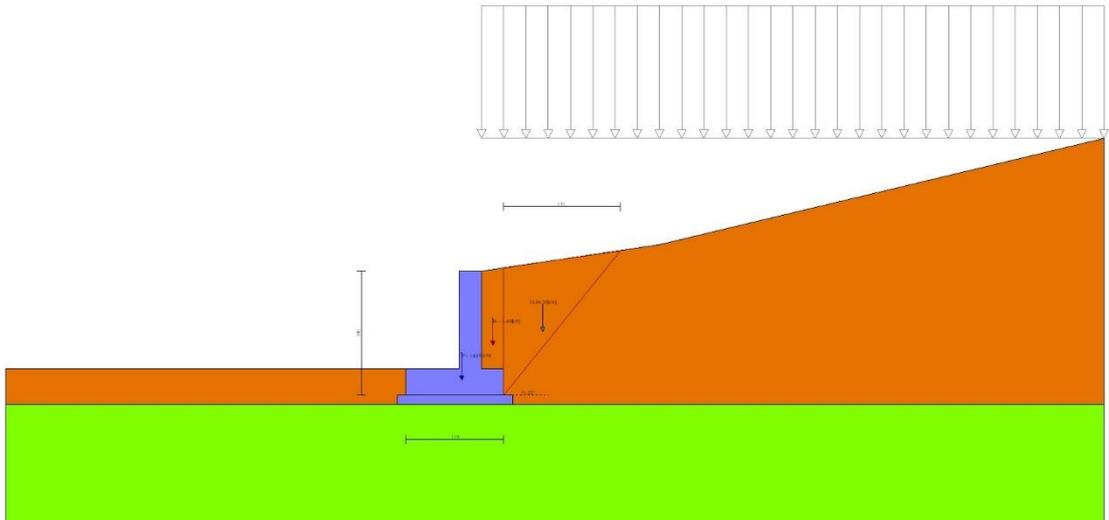


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

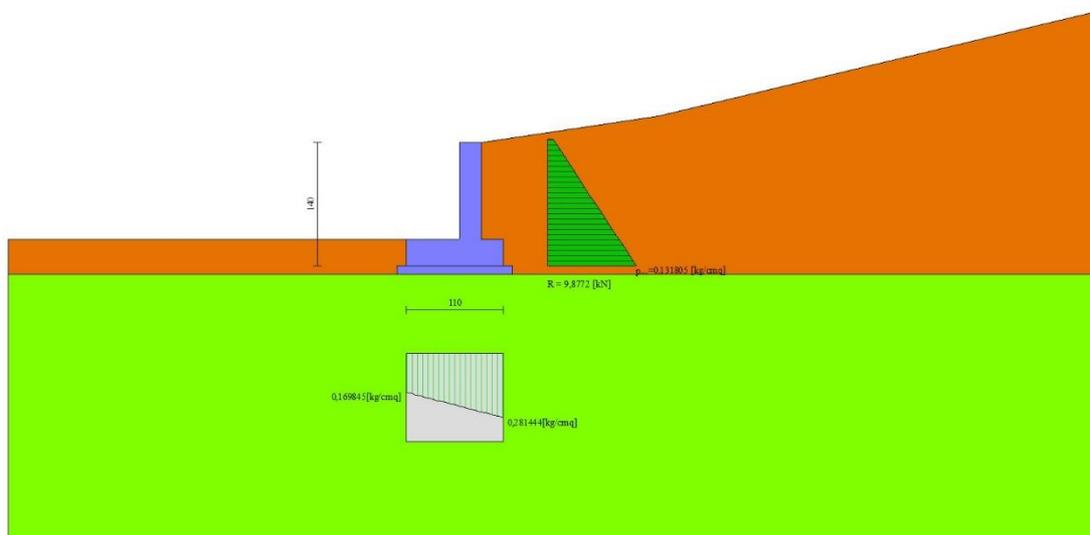


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
CUP: I15F21001700007  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

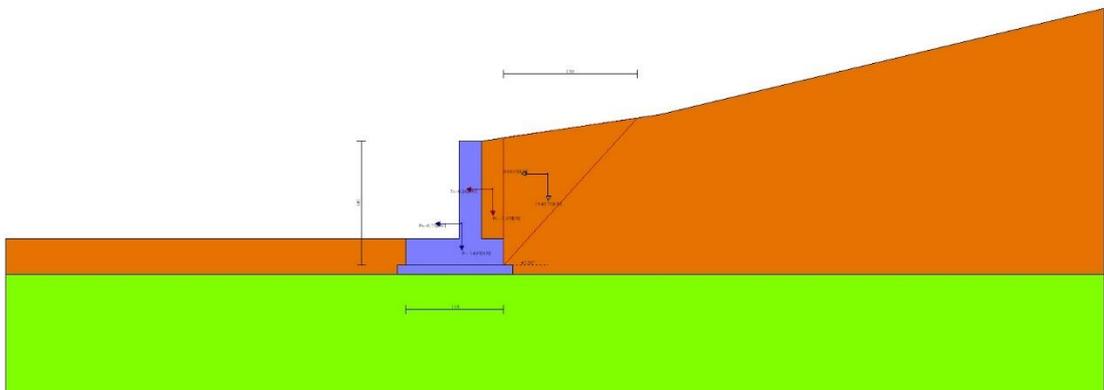


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

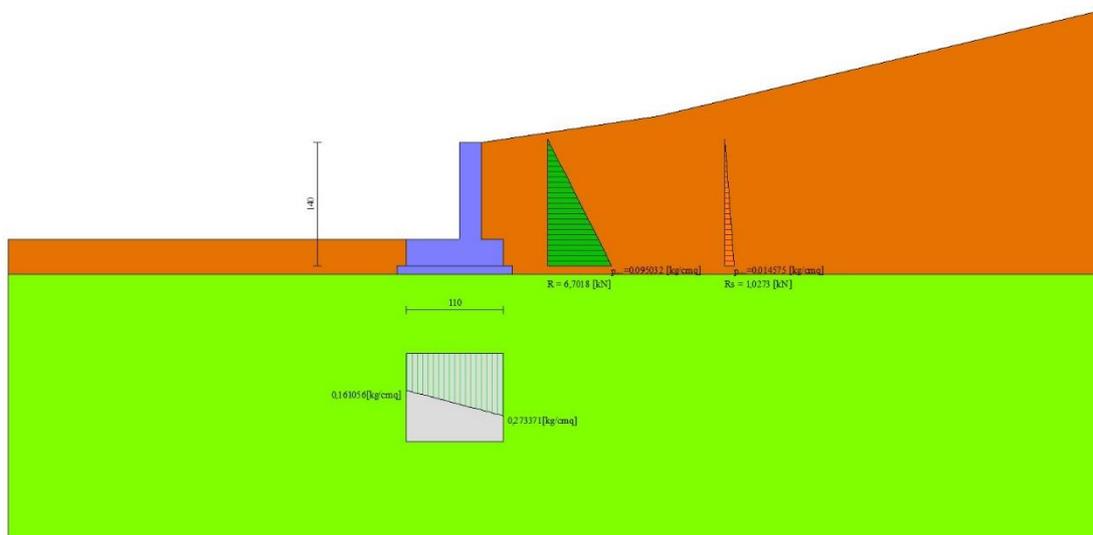


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Verifiche geotecniche

*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

Simbologia adottata



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

### LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"

CUP: I15F21001700007

#### RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO - ESECUTIVO

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.158		22.471			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.247		23.229			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.233		24.535			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.441		17.008			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.229		19.985			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.369		18.762			
7 - GEO (A2-M2-R2)					1.299		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.505		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.496		
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.148				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		4.081				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		3.651				

#### Verifica a scorrimento fondazione

##### Simbologia adottata

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

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	10,50	0,00	0,00	--	--	10,50	9,07	1.158
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	10,11	0,00	0,00	--	--	10,11	8,10	1.247
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	9,61	0,00	0,00	--	--	9,61	7,80	1.233
4 - STR (A1-M1-R3)	13,07	0,00	0,00	--	--	13,07	9,07	1.441
5 - STR (A1-M1-R3)	11,15	0,00	0,00	--	--	11,15	9,07	1.229
6 - STR (A1-M1-R3)	12,42	0,00	0,00	--	--	12,42	9,07	1.369

#### Verifica a carico limite

##### Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	24,34	546,96	390,69	22.471
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	23,43	544,30	453,58	23.229
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	22,29	546,91	455,76	24.535
4 - STR (A1-M1-R3)	30,30	515,37	368,12	17.008
5 - STR (A1-M1-R3)	25,85	516,65	369,04	19.985
6 - STR (A1-M1-R3)	28,79	540,17	385,83	18.762

#### Dettagli calcolo portanza

##### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ng	Fattori di capacità portante
ic, iq, ig	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dg	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gg	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, bg	Fattori di inclinazione del piano di posa



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO - ESECUTIVO**

sc, sq, sg Fattori di forma della fondazione  
 pc, pq, pg Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof  
 Ir, Irc Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic  
 rg Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia  $0.5B_g N_g$  viene moltiplicato per questo fattore  
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
 g Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]  
 f Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
 c Coesione del terreno medio, espresso in [MPa]  
 s<sub>v</sub> Pressione terreno valle, espressa in [MPa]  
 s<sub>m</sub> Pressione terreno monte, espressa in [MPa]  
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Cascone).

n°	Nc Nq Ng	ic iq ig	dc dq dg	gc gq gg	bc bq bg	sc sq sg	pc pq pg	Ir	Irc	Re	rg
1	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.797	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
2	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.792	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
3	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.796	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
4	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.749	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
5	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.752	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
6	25.376	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.785	1.000
	12.903	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.391	--	--	--	--	0.800	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	g [kN/mc]	f [°]	c [MPa]
1	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017
2	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017
3	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017
4	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017
5	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017
6	0,30	1,00	0,23	18,00	25,13	0,017

n°	s <sub>v</sub> [MPa]	s <sub>m</sub> [MPa]
1	0,017	0,028
2	0,016	0,027
3	0,015	0,025
4	0,017	0,038
5	0,015	0,032
6	0,019	0,033

**Verifica a ribaltamento**

**Simbologia adottata**

n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
10 - EQU (A1-M1-R3)	19,10	4,61	4.148
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	18,41	4,51	4.081
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	17,65	4,83	3.651

**Verifica stabilità globale muro + terreno**

**Simbologia adottata**



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

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

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 2,00	3,49	1.299
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0,50; 2,00	3,49	1.505
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 2,00	3,49	1.496

**Dettagli strisce verifiche stabilità**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
W           peso della striscia espresso in [kN]  
Qy          carico sulla striscia espresso in [kN]  
Qf          carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
a           angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
f           angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c           coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
b           larghezza della striscia espressa in [m]  
u           pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
Tx; Ty      Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [MPa]

**Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)**

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,47	0,37	0,00	2,64 - 0,19	59.214	23.043	0,000	0,0000	
2	1,33	0,37	0,00	0,19	54.968	23.043	0,000	0,0000	
3	2,03	0,37	0,00	0,19	49.814	23.043	0,000	0,0000	
4	2,60	0,37	0,00	0,19	45.168	23.043	0,000	0,0000	
5	3,11	0,37	0,00	0,19	40.877	23.043	0,000	0,0000	
6	3,54	0,37	0,00	0,19	36.851	23.043	0,000	0,0000	
7	3,90	0,37	0,00	0,19	33.028	23.043	0,000	0,0000	
8	4,20	0,37	0,00	0,19	29.365	23.043	0,000	0,0000	
9	4,44	0,37	0,00	0,19	25.830	23.043	0,000	0,0000	
10	4,64	0,37	0,00	0,19	22.398	23.043	0,000	0,0000	
11	4,79	0,37	0,00	0,19	19.049	23.043	0,000	0,0000	
12	4,90	0,37	0,00	0,19	15.767	23.043	0,000	0,0000	
13	5,14	0,37	0,00	0,19	12.537	23.043	0,000	0,0000	
14	4,99	0,32	0,00	0,19	9.347	23.043	0,000	0,0000	
15	6,79	0,00	0,00	0,19	6.186	23.043	0,000	0,0000	
16	1,93	0,00	0,00	0,19	3.045	23.043	0,000	0,0000	
17	1,71	0,00	0,00	0,19	-0.088	23.043	0,000	0,0000	
18	1,69	0,00	0,00	0,19	-3.221	23.043	0,000	0,0000	
19	1,38	0,00	0,00	0,19	-6.363	23.043	0,000	0,0000	
20	1,18	0,00	0,00	0,19	-9.525	23.043	0,000	0,0000	
21	1,05	0,00	0,00	0,19	-12.717	23.043	0,000	0,0000	
22	0,88	0,00	0,00	0,19	-15.950	23.043	0,000	0,0000	
23	0,67	0,00	0,00	0,19	-19.235	23.043	0,000	0,0000	
24	0,42	0,00	0,00	0,19	-22.588	23.043	0,000	0,0000	
25	0,12	0,00	0,00	-2,13 - 0,19	-23.463	23.043	0,000	0,0000	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,47	0,00	0,00	2,64 - 0,19	59.214	28.000	0,000	0,0000	
2	1,33	0,00	0,00	0,19	54.968	28.000	0,000	0,0000	
3	2,03	0,00	0,00	0,19	49.814	28.000	0,000	0,0000	
4	2,60	0,00	0,00	0,19	45.168	28.000	0,000	0,0000	
5	3,11	0,00	0,00	0,19	40.877	28.000	0,000	0,0000	
6	3,54	0,00	0,00	0,19	36.851	28.000	0,000	0,0000	
7	3,90	0,00	0,00	0,19	33.028	28.000	0,000	0,0000	
8	4,20	0,00	0,00	0,19	29.365	28.000	0,000	0,0000	
9	4,44	0,00	0,00	0,19	25.830	28.000	0,000	0,0000	
10	4,64	0,00	0,00	0,19	22.398	28.000	0,000	0,0000	
11	4,79	0,00	0,00	0,19	19.049	28.000	0,000	0,0000	
12	4,90	0,00	0,00	0,19	15.767	28.000	0,000	0,0000	
13	5,14	0,00	0,00	0,19	12.537	28.000	0,000	0,0000	
14	4,99	0,00	0,00	0,19	9.347	28.000	0,000	0,0000	
15	6,79	0,00	0,00	0,19	6.186	28.000	0,000	0,0000	



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
16	1,93	0,00	0,00	0,19	3.045	28.000	0,000	0,0000	
17	1,71	0,00	0,00	0,19	-0.088	28.000	0,000	0,0000	
18	1,69	0,00	0,00	0,19	-3.221	28.000	0,000	0,0000	
19	1,38	0,00	0,00	0,19	-6.363	28.000	0,000	0,0000	
20	1,18	0,00	0,00	0,19	-9.525	28.000	0,000	0,0000	
21	1,05	0,00	0,00	0,19	-12.717	28.000	0,000	0,0000	
22	0,88	0,00	0,00	0,19	-15.950	28.000	0,000	0,0000	
23	0,67	0,00	0,00	0,19	-19.235	28.000	0,000	0,0000	
24	0,42	0,00	0,00	0,19	-22.588	28.000	0,000	0,0000	
25	0,12	0,00	0,00	-2,13 - 0,19	-23.463	28.000	0,000	0,0000	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,47	0,00	0,00	2,64 - 0,19	59.214	28.000	0,000	0,0000	
2	1,33	0,00	0,00	0,19	54.968	28.000	0,000	0,0000	
3	2,03	0,00	0,00	0,19	49.814	28.000	0,000	0,0000	
4	2,60	0,00	0,00	0,19	45.168	28.000	0,000	0,0000	
5	3,11	0,00	0,00	0,19	40.877	28.000	0,000	0,0000	
6	3,54	0,00	0,00	0,19	36.851	28.000	0,000	0,0000	
7	3,90	0,00	0,00	0,19	33.028	28.000	0,000	0,0000	
8	4,20	0,00	0,00	0,19	29.365	28.000	0,000	0,0000	
9	4,44	0,00	0,00	0,19	25.830	28.000	0,000	0,0000	
10	4,64	0,00	0,00	0,19	22.398	28.000	0,000	0,0000	
11	4,79	0,00	0,00	0,19	19.049	28.000	0,000	0,0000	
12	4,90	0,00	0,00	0,19	15.767	28.000	0,000	0,0000	
13	5,14	0,00	0,00	0,19	12.537	28.000	0,000	0,0000	
14	4,99	0,00	0,00	0,19	9.347	28.000	0,000	0,0000	
15	6,79	0,00	0,00	0,19	6.186	28.000	0,000	0,0000	
16	1,93	0,00	0,00	0,19	3.045	28.000	0,000	0,0000	
17	1,71	0,00	0,00	0,19	-0.088	28.000	0,000	0,0000	
18	1,69	0,00	0,00	0,19	-3.221	28.000	0,000	0,0000	
19	1,38	0,00	0,00	0,19	-6.363	28.000	0,000	0,0000	
20	1,18	0,00	0,00	0,19	-9.525	28.000	0,000	0,0000	
21	1,05	0,00	0,00	0,19	-12.717	28.000	0,000	0,0000	
22	0,88	0,00	0,00	0,19	-15.950	28.000	0,000	0,0000	
23	0,67	0,00	0,00	0,19	-19.235	28.000	0,000	0,0000	
24	0,42	0,00	0,00	0,19	-22.588	28.000	0,000	0,0000	
25	0,12	0,00	0,00	-2,13 - 0,19	-23.463	28.000	0,000	0,0000	

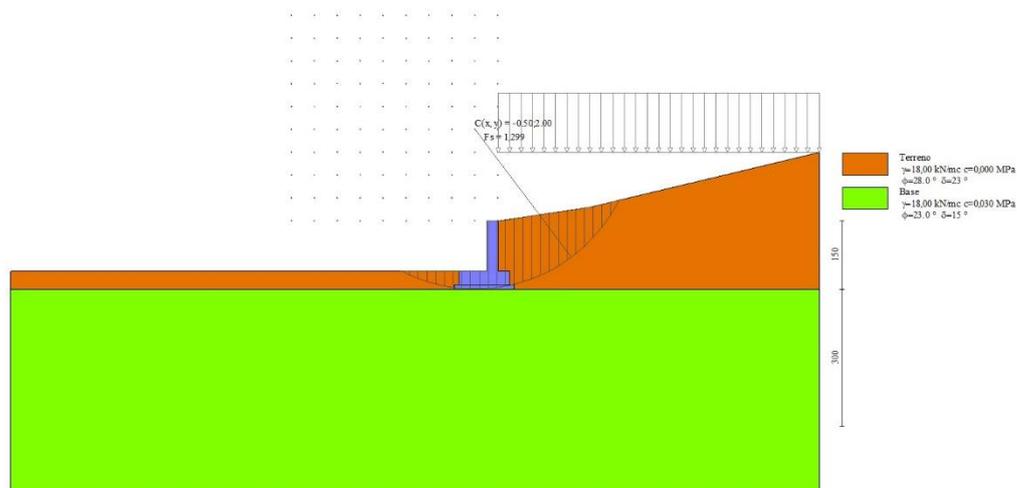


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO - ESECUTIVO

### Cedimenti

#### Simbologia adottata

lc	Indice combinazione
X, Y	Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
w	Cedimento, espressa in [cm]
dw	Cedimento differenziale, espressa in [cm]

lc	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
13	-0,85; -1,40	0,205	0,000
13	-0,30; -1,40	0,350	0,145
13	0,25; -1,40	0,265	0,060
14	-0,85; -1,40	0,197	0,000
14	-0,30; -1,40	0,342	0,145
14	0,25; -1,40	0,262	0,065
15	-0,85; -1,40	0,195	0,000
15	-0,30; -1,40	0,340	0,145
15	0,25; -1,40	0,261	0,066

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

n°	Indice della sezione
X	Posizione della sezione, espresso in [m]
N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

### Paramento

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,66	0,11	0,00
3	-0,20	1,36	0,31	0,01
4	-0,30	2,09	0,57	0,04
5	-0,40	2,85	0,92	0,09
6	-0,50	3,64	1,34	0,18
7	-0,60	4,47	1,84	0,31
8	-0,70	5,33	2,42	0,50
9	-0,80	6,23	3,08	0,73
10	-0,90	7,16	3,81	1,04
11	-1,00	8,12	4,62	1,42
12	-1,10	9,12	5,50	1,87

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,64	0,07	0,00
3	-0,20	1,32	0,20	0,01
4	-0,30	2,02	0,40	0,03
5	-0,40	2,75	0,68	0,07
6	-0,50	3,51	1,02	0,14
7	-0,60	4,31	1,43	0,24
8	-0,70	5,13	1,90	0,38
9	-0,80	5,98	2,45	0,57
10	-0,90	6,86	3,06	0,81
11	-1,00	7,77	3,75	1,12
12	-1,10	8,71	4,50	1,49

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



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,61	0,06	0,00
3	-0,20	1,25	0,20	0,01
4	-0,30	1,92	0,39	0,03
5	-0,40	2,62	0,65	0,07
6	-0,50	3,34	0,98	0,13
7	-0,60	4,10	1,37	0,23
8	-0,70	4,88	1,83	0,37
9	-0,80	5,69	2,35	0,55
10	-0,90	6,52	2,94	0,78
11	-1,00	7,39	3,60	1,08
12	-1,10	8,29	4,32	1,43

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,85	0,11	0,00
3	-0,20	1,73	0,31	0,01
4	-0,30	2,64	0,57	0,04
5	-0,40	3,58	0,92	0,09
6	-0,50	4,56	1,34	0,18
7	-0,60	5,58	1,84	0,31
8	-0,70	6,62	2,42	0,50
9	-0,80	7,70	3,08	0,73
10	-0,90	8,81	3,81	1,04
11	-1,00	9,96	4,62	1,42
12	-1,10	11,14	5,50	1,87

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,66	0,11	0,00
3	-0,20	1,36	0,31	0,01
4	-0,30	2,09	0,57	0,04
5	-0,40	2,85	0,92	0,09
6	-0,50	3,64	1,34	0,18
7	-0,60	4,47	1,84	0,31
8	-0,70	5,33	2,42	0,50
9	-0,80	6,23	3,08	0,73
10	-0,90	7,16	3,81	1,04
11	-1,00	8,12	4,62	1,42
12	-1,10	9,12	5,50	1,87

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,85	0,11	0,00
3	-0,20	1,73	0,31	0,01
4	-0,30	2,64	0,57	0,04
5	-0,40	3,58	0,92	0,09
6	-0,50	4,56	1,34	0,18
7	-0,60	5,58	1,84	0,31
8	-0,70	6,62	2,42	0,50
9	-0,80	7,70	3,08	0,73
10	-0,90	8,81	3,81	1,04
11	-1,00	9,96	4,62	1,42
12	-1,10	11,14	5,50	1,87

Combinazione n° 13 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,65	0,08	0,00
3	-0,20	1,32	0,22	0,01
4	-0,30	2,02	0,42	0,03
5	-0,40	2,74	0,68	0,07
6	-0,50	3,49	0,99	0,13



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
7	-0,60	4,27	1,37	0,23
8	-0,70	5,07	1,81	0,37
9	-0,80	5,90	2,30	0,54
10	-0,90	6,75	2,86	0,77
11	-1,00	7,63	3,48	1,06
12	-1,10	8,53	4,15	1,40

Combinazione n° 14 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,63	0,04	0,00
3	-0,20	1,29	0,14	0,00
4	-0,30	1,97	0,30	0,02
5	-0,40	2,68	0,52	0,04
6	-0,50	3,41	0,80	0,09
7	-0,60	4,17	1,13	0,17
8	-0,70	4,95	1,53	0,28
9	-0,80	5,76	1,99	0,43
10	-0,90	6,60	2,50	0,63
11	-1,00	7,46	3,08	0,88
12	-1,10	8,34	3,71	1,18

Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,63	0,03	0,00
3	-0,20	1,28	0,12	0,00
4	-0,30	1,96	0,27	0,01
5	-0,40	2,66	0,48	0,04
6	-0,50	3,39	0,75	0,08
7	-0,60	4,14	1,07	0,16
8	-0,70	4,92	1,46	0,26
9	-0,80	5,73	1,91	0,41
10	-0,90	6,56	2,41	0,60
11	-1,00	7,41	2,98	0,83
12	-1,10	8,30	3,60	1,13

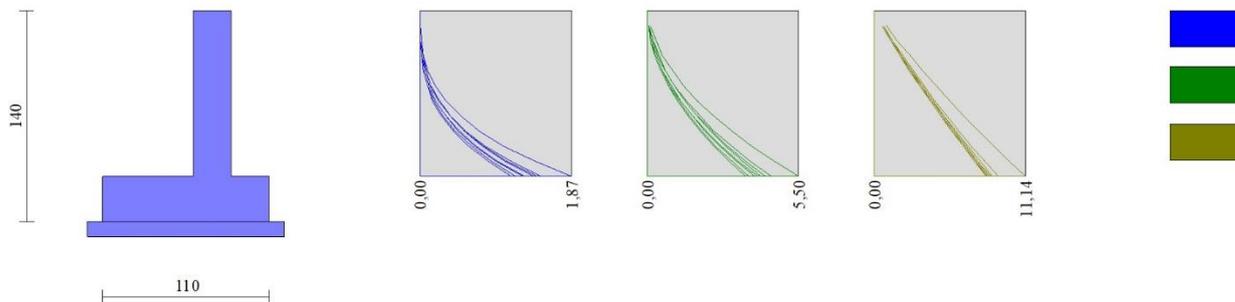


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

*Fondazione*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,85	0,00	0,00	0,00
2	-0,75	0,00	0,98	0,05
3	-0,65	0,00	2,06	0,20
4	-0,55	0,00	3,24	0,46
5	-0,45	0,00	4,52	0,85
6	-0,35	0,00	5,89	1,37
7	-0,25	0,00	7,37	2,03
8	0,00	0,00	-2,36	-0,29
9	0,08	0,00	-1,53	-0,12
10	0,17	0,00	-0,74	-0,03
11	0,25	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,85	0,00	0,00	0,00
2	-0,75	0,00	0,89	0,04
3	-0,65	0,00	1,89	0,18
4	-0,55	0,00	2,98	0,42
5	-0,45	0,00	4,18	0,78
6	-0,35	0,00	5,47	1,26
7	-0,25	0,00	6,87	1,88
8	0,00	0,00	-0,48	-0,05
9	0,08	0,00	-0,27	-0,02
10	0,17	0,00	-0,11	0,00
11	0,25	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,85	0,00	0,00	0,00
2	-0,75	0,00	0,83	0,04
3	-0,65	0,00	1,76	0,17
4	-0,55	0,00	2,77	0,40
5	-0,45	0,00	3,88	0,73
6	-0,35	0,00	5,08	1,17
7	-0,25	0,00	6,37	1,75
8	0,00	0,00	-0,83	-0,10
9	0,08	0,00	-0,51	-0,04
10	0,17	0,00	-0,23	-0,01
11	0,25	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,85	0,00	0,00	0,00
2	-0,75	0,00	0,85	0,04
3	-0,65	0,00	1,90	0,18
4	-0,55	0,00	3,13	0,43
5	-0,45	0,00	4,55	0,81
6	-0,35	0,00	6,16	1,34
7	-0,25	0,00	7,96	2,05
8	0,00	0,00	-0,60	-0,06
9	0,08	0,00	-0,30	-0,02
10	0,17	0,00	-0,09	0,00
11	0,25	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,85	0,00	0,00	0,00
2	-0,75	0,00	0,83	0,04



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
3	-0,65	0,00	1,81	0,17
4	-0,55	0,00	2,96	0,41
5	-0,45	0,00	4,26	0,77
6	-0,35	0,00	5,72	1,27
7	-0,25	0,00	7,33	1,92
8	0,00	0,00	-1,40	-0,16
9	0,08	0,00	-0,85	-0,07
10	0,17	0,00	-0,38	-0,02
11	0,25	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,85	0,00	0,00	0,00
2	-0,75	0,00	1,00	0,05
3	-0,65	0,00	2,14	0,21
4	-0,55	0,00	3,41	0,48
5	-0,45	0,00	4,81	0,89
6	-0,35	0,00	6,34	1,45
7	-0,25	0,00	8,00	2,16
8	0,00	0,00	-1,56	-0,18
9	0,08	0,00	-0,97	-0,08
10	0,17	0,00	-0,45	-0,02
11	0,25	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 13 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,85	0,00	0,00	0,00
2	-0,75	0,00	0,63	0,03
3	-0,65	0,00	1,42	0,13
4	-0,55	0,00	2,35	0,32
5	-0,45	0,00	3,43	0,61
6	-0,35	0,00	4,65	1,01
7	-0,25	0,00	6,03	1,54
8	0,00	0,00	-0,40	-0,03
9	0,08	0,00	-0,19	-0,01
10	0,17	0,00	-0,05	0,00
11	0,25	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 14 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,85	0,00	0,00	0,00
2	-0,75	0,00	0,52	0,02
3	-0,65	0,00	1,20	0,11
4	-0,55	0,00	2,04	0,27
5	-0,45	0,00	3,04	0,52
6	-0,35	0,00	4,21	0,88
7	-0,25	0,00	5,53	1,37
8	0,00	0,00	-0,09	0,01
9	0,08	0,00	0,03	0,01
10	0,17	0,00	0,06	0,00
11	0,25	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,85	0,00	0,00	0,00
2	-0,75	0,00	0,49	0,02
3	-0,65	0,00	1,14	0,10
4	-0,55	0,00	1,96	0,26
5	-0,45	0,00	2,95	0,50
6	-0,35	0,00	4,09	0,85
7	-0,25	0,00	5,41	1,33
8	0,00	0,00	-0,01	0,02
9	0,08	0,00	0,09	0,01
10	0,17	0,00	0,09	0,00
11	0,25	0,00	0,00	0,00



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007  
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

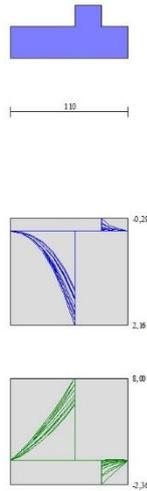


Fig. 10 - Fondazione (Inviluppo)



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

**Risultati per inviluppo**

Spinta e forze

**Simbologia adottata**

Ic           Indice della combinazione  
A            Tipo azione  
I            Inclinazione della spinta, espressa in [°]  
V            Valore dell'azione, espressa in [kN]  
C<sub>x</sub>, C<sub>y</sub>   Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]  
P<sub>x</sub>, P<sub>y</sub>    Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	9,88	23,33	9,07	3,91	0,25	-0,89
	Peso/inerzia muro			0,00	14,83/0,00	-0,22	-0,93
	Peso/inerzia terrapieno			0,00	5,60/0,00	0,13	-0,54

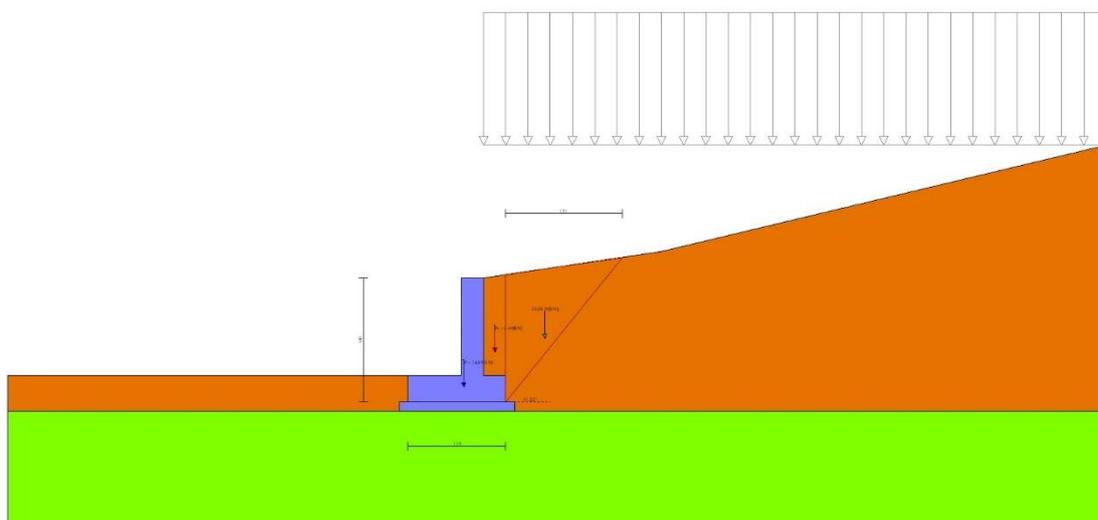


Fig. 11 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

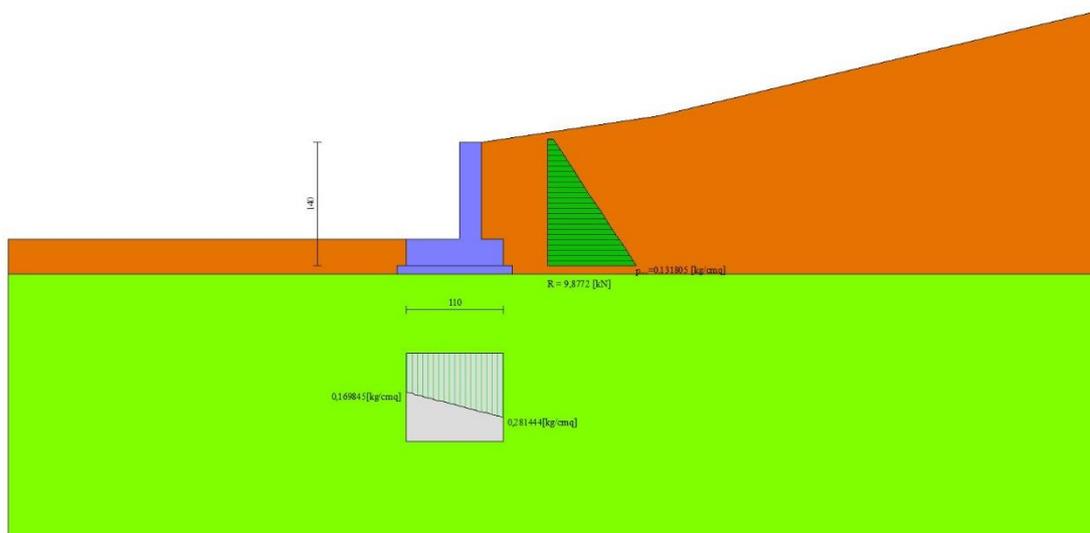


Fig. 12 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

Verifiche geotecniche

*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

**Simbologia adottata**

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.158		22.471			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.247		23.229			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.233		24.535			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.441		17.008			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.229		19.985			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.369		18.762			
7 - GEO (A2-M2-R2)					1.299		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.505		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.496		
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.148				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		4.081				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		3.651				

*Verifica a scorrimento fondazione*

**Simbologia adottata**

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

### LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

#### RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO – ESECUTIVO

T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]  
FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	10,50	0,00	0,00	--	--	10,50	9,07	1.158

#### Verifica a carico limite

##### Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
4 - STR (A1-M1-R3)	30,30	515,37	368,12	17.008

#### Dettagli calcolo portanza

##### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
Nc, Nq, Ng Fattori di capacità portante  
ic, iq, ig Fattori di inclinazione del carico  
dc, dq, dg Fattori di profondità del piano di posa  
gc, gq, gg Fattori di inclinazione del profilo topografico  
bc, bq, bg Fattori di inclinazione del piano di posa  
sc, sq, sg Fattori di forma della fondazione  
pc, pq, pg Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof  
I<sub>r</sub>, I<sub>rc</sub> Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic  
rg Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5Bg<sub>N</sub> viene moltiplicato per questo fattore  
D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
g Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]  
f Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
c Coesione del terreno medio, espresso in [MPa]  
s<sub>v</sub> Pressione terreno valle, espressa in [MPa]  
s<sub>m</sub> Pressione terreno monte, espressa in [MPa]  
Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Cascone).

n°	Nc Nq Ng	ic iq ig	dc dq dg	gc gq gg	bc bq bg	sc sq sg	pc pq pg	I <sub>r</sub>	I <sub>rc</sub>	Re	rg
4	25.376 12.903 8.391	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.300 1.000 0.800	-- -- --	--	--	0.749	1.000

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	g [kN/mc]	f [°]	c [MPa]
4	0,30	1,00	0,23	18,00	25.13	0,017

n°	s <sub>v</sub> [MPa]	s <sub>m</sub> [MPa]
4	0,017	0,038

#### Verifica a ribaltamento

##### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
M<sub>s</sub> Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
M<sub>r</sub> Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	17,65	4,83	3.651

**Verifica stabilità globale muro + terreno**

**Simbologia adottata**

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
7 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 2,00	3,49	1.299

**Dettagli strisce verifiche stabilità**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
 W peso della striscia espresso in [kN]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
 a angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 f angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [MPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,47	0,37	0,00	2,64 - 0,19	59.214	23.043	0,000	0,0000	
2	1,33	0,37	0,00	0,19	54.968	23.043	0,000	0,0000	
3	2,03	0,37	0,00	0,19	49.814	23.043	0,000	0,0000	
4	2,60	0,37	0,00	0,19	45.168	23.043	0,000	0,0000	
5	3,11	0,37	0,00	0,19	40.877	23.043	0,000	0,0000	
6	3,54	0,37	0,00	0,19	36.851	23.043	0,000	0,0000	
7	3,90	0,37	0,00	0,19	33.028	23.043	0,000	0,0000	
8	4,20	0,37	0,00	0,19	29.365	23.043	0,000	0,0000	
9	4,44	0,37	0,00	0,19	25.830	23.043	0,000	0,0000	
10	4,64	0,37	0,00	0,19	22.398	23.043	0,000	0,0000	
11	4,79	0,37	0,00	0,19	19.049	23.043	0,000	0,0000	
12	4,90	0,37	0,00	0,19	15.767	23.043	0,000	0,0000	
13	5,14	0,37	0,00	0,19	12.537	23.043	0,000	0,0000	
14	4,99	0,32	0,00	0,19	9.347	23.043	0,000	0,0000	
15	6,79	0,00	0,00	0,19	6.186	23.043	0,000	0,0000	
16	1,93	0,00	0,00	0,19	3.045	23.043	0,000	0,0000	
17	1,71	0,00	0,00	0,19	-0.088	23.043	0,000	0,0000	
18	1,69	0,00	0,00	0,19	-3.221	23.043	0,000	0,0000	
19	1,38	0,00	0,00	0,19	-6.363	23.043	0,000	0,0000	
20	1,18	0,00	0,00	0,19	-9.525	23.043	0,000	0,0000	
21	1,05	0,00	0,00	0,19	-12.717	23.043	0,000	0,0000	
22	0,88	0,00	0,00	0,19	-15.950	23.043	0,000	0,0000	
23	0,67	0,00	0,00	0,19	-19.235	23.043	0,000	0,0000	
24	0,42	0,00	0,00	0,19	-22.588	23.043	0,000	0,0000	
25	0,12	0,00	0,00	-2,13 - 0,19	-23.463	23.043	0,000	0,0000	



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

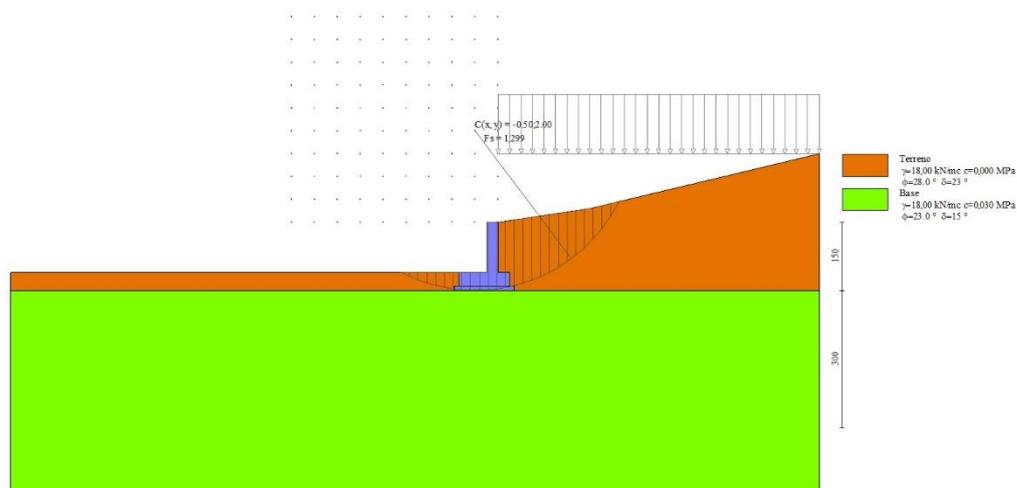


Fig. 13 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

### Cedimenti

#### Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
X, Y	Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
w	Cedimento, espressa in [cm]
dw	Cedimento differenziale, espressa in [cm]

Ic	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
13	-0,85; -1,40	0,205	0,000
13	-0,30; -1,40	0,350	0,145
13	0,25; -1,40	0,265	0,060

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

n°	Indice della sezione
X	Posizione della sezione, espresso in [m]
N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

### Paramento

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,61	0,85	0,03	0,11	0,00	0,00
3	-0,20	1,25	1,73	0,12	0,31	0,00	0,01
4	-0,30	1,92	2,64	0,27	0,57	0,01	0,04
5	-0,40	2,62	3,58	0,48	0,92	0,04	0,09
6	-0,50	3,34	4,56	0,75	1,34	0,08	0,18
7	-0,60	4,10	5,58	1,07	1,84	0,16	0,31
8	-0,70	4,88	6,62	1,46	2,42	0,26	0,50



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
9	-0,80	5,69	7,70	1,91	3,08	0,41	0,73
10	-0,90	6,52	8,81	2,41	3,81	0,60	1,04
11	-1,00	7,39	9,96	2,98	4,62	0,83	1,42
12	-1,10	8,29	11,14	3,60	5,50	1,13	1,87

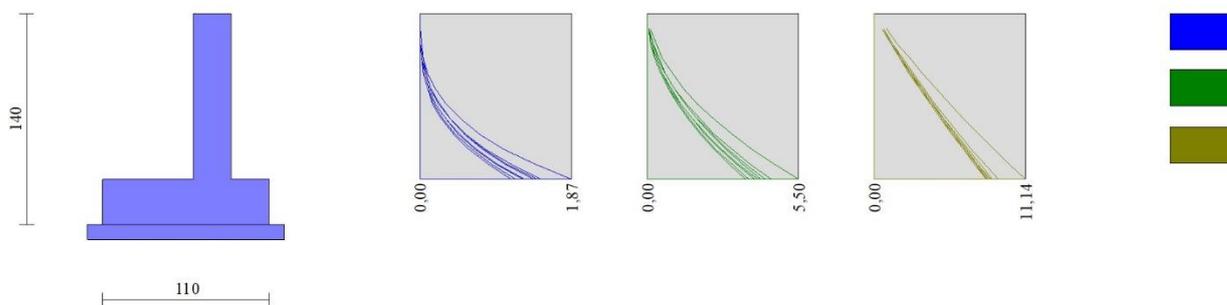


Fig. 14 - Paramento

*Fondazione*

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	-0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,75	0,00	0,00	0,49	1,00	0,02	0,05
3	-0,65	0,00	0,00	1,14	2,14	0,10	0,21
4	-0,55	0,00	0,00	1,96	3,41	0,26	0,48
5	-0,45	0,00	0,00	2,95	4,81	0,50	0,89
6	-0,35	0,00	0,00	4,09	6,34	0,85	1,45
7	-0,25	0,00	0,00	5,41	8,00	1,33	2,16
8	0,00	0,00	0,00	-2,36	-0,01	-0,29	0,02
9	0,08	0,00	0,00	-1,53	0,09	-0,12	0,01
10	0,17	0,00	0,00	-0,74	0,09	-0,03	0,00
11	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO



110

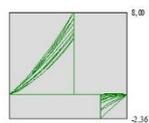
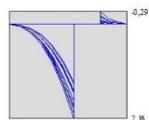


Fig. 15 - Fondazione



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

**Elenco ferri**

**Simbologia adottata**

n°	Indice del ferro
nf	numero ferri
D	diametro ferro espresso in [mm]
L	Lunghezza ferro espresso in [m]
P <sub>ferro</sub>	Peso ferro espresso in [kN]

**Computo metrico**

	<b>U.M.</b>	<b>Quantità</b>	<b>Prezzo unitario</b>	<b>Importo</b>
			<i>[Euro]</i>	<i>[Euro]</i>
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	0,28	72.30	19.88
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	0,33	61.97	20.45
Calcestruzzo magro	[mc]	0,13	46.48	6.04
Casseformi	[mq]	2.20	13.94	30.67
Scavo a sezione obbligata	[mc]	0,33	9.30	3.07
<b>Totale muro</b>				<b>80,11</b>
<b>Totale</b>				<b>80,11</b>



## **COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

### **LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

#### **RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO – ESECUTIVO**

#### **Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)**

##### **Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo**

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

##### **Tipo di analisi svolta**

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

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

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

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

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

##### **Origine e caratteristiche dei codici di calcolo**

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	16.20 B
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)

##### **Affidabilità dei codici di calcolo**

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

##### **Modalità di presentazione dei risultati**

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

##### **Informazioni generali sull'elaborazione**

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

##### **Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

Il progettista  
( )

---



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Indice**

Normative di riferimento	77
Richiami teorici	78
Calcolo della spinta sul muro	78
Valori caratteristici e valori di calcolo	78
Metodo di Culmann	78
Spinta in presenza di falda	78
Spinta in presenza di sisma	79
Verifica a ribaltamento	79
Verifica a scorrimento	80
Verifica al carico limite	80
Verifica alla stabilità globale	81
Cedimenti della fondazione	82
Dati	83
Materiali	83
Calcestruzzo armato	83
Acciai	83
Geometria profilo terreno a monte del muro	83
Geometria muro	83
Geometria paramento e fondazione	83
Descrizione terreni	84
Stratigrafia	85
Condizioni di carico	85
Normativa	86
Descrizione combinazioni di carico	87
Dati sismici	89
Opzioni di calcolo	90
Risultati per combinazione	91
Spinta e forze	91
Verifiche geotecniche	93
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	93
Verifica a scorrimento fondazione	94
Verifica a carico limite	94
Dettagli calcolo portanza	94
Verifica a ribaltamento	95
Verifica stabilità globale muro + terreno	95
Dettagli strisce verifiche stabilità	96
Cedimenti	97
Sollecitazioni	98
Paramento	98
Fondazione	101
	152



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

Risultati per inviluppo	105
Spinta e forze	105
Verifiche geotecniche	106
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	106
Verifica a scorrimento fondazione	106
Verifica a carico limite	107
Dettagli calcolo portanza	107
Verifica a ribaltamento	107
Verifica stabilità globale muro + terreno	108
Dettagli strisce verifiche stabilità	108
Cedimenti	109
Sollecitazioni	109
Paramento	109
Fondazione	110
Elenco ferri	112
Computo metrico	112
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	113



## **COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

**CUP: I15F21001700007**

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Progetto: MURO H=80CM**  
**Comune: CANNETO PAVESE**  
**Progettista: ING.NICOLA VITALI**  
**Direttore dei Lavori: ING.NICOLA VITALI**

### **Normative di riferimento**

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

### **Richiami teorici**

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

### Calcolo della spinta sul muro

#### *Valori caratteristici e valori di calcolo*

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

#### *Metodo di Culmann*

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $r$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

#### *Spinta in presenza di falda*

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

### *Spinta in presenza di sisma*

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\epsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\epsilon' = \epsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

dove  $q = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ . In presenza di falda a monte,  $q$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$DS = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2 \beta \cos \theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $q$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi. Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Il momento ribaltante  $M$ , è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $d$  è positivo, ribaltante se  $d$  è negativo.  $d$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante. Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $d_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan d_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $d_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $d_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

**Cascone** ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = c N_c s_c + q N_q + 0.5 B \gamma N_{\gamma} s_{\gamma}$$

La simbologia adottata è la seguente:

- $c$  coesione del terreno in fondazione;
- $f$  angolo di attrito del terreno in fondazione;
- $g$  peso di volume del terreno in fondazione;
- $B$  larghezza della fondazione;
- $D$  profondità del piano di posa;
- $q$  pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di capacità portante	$N_c = (N_q - 1) \cotg \varphi$	$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)}$ dove $e^{(0.75\pi - \frac{\varphi}{2}) \tan \varphi}$	$N_{\gamma} = \frac{\tan \varphi}{2} \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$	
------------------------------	---------------------------------	---	--	--



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

Fattori di forma	$s_c = 1$ $s_c = 1.3$		$s_y = 1$ $s_y = 0.8$	per fondazioni nastriformi per fondazioni quadrate
------------------	--------------------------	--	--------------------------	---

Il termine  $K_{pg}$  che compare nell'espressione di  $N_g$  non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per  $N_g$  l'espressione proposta da Meyerhof

$$N_y = (N_q - 1) \tan(1.4\varphi)$$

$$N_{yE} = N_y e_{yk} e_{yi}$$

dove:

$e_{gk}$  è un coeff. correttivo che tiene conto dell'effetto cinematico

$e_{gi}$  è un coeff. correttivo che tiene conto dell'effetto inerziale

$e_{yk} = \left(1 - \frac{K_{hk}}{\tan \varphi}\right)^{0.45}$	$e_{yi} = \left(1 - 0.7 \frac{K_{hi}}{\tan \varphi}\right)^{0.50}$
--	--

$K_{hk}$  è il valore del coeff. di accelerazione sismica orizzontale del terreno

$K_{hi}$  è il valore del coeff. di accelerazione sismica orizzontale della struttura

Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_g$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B g N_g$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_g = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_y r_g$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $h_g$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

### RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO – ESECUTIVO

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $a_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $f_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $h$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $h$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### Cedimenti della fondazione

#### Metodo Edometrico

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da Terzaghi negli anni '20. L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione.

Tuttavia il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_{ed,i}} \Delta z_i$$

dove:

$D_s$  è la tensione indotta nel terreno, alla profondità  $z$ , dalla pressione di contatto della fondazione;

$E_{ed}$  è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato  $i$ -esimo;

$D_z$  rappresenta lo spessore dello strato  $i$ -esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.

Lo spessore dello strato compressibile considerato nell'analisi dei cedimenti è stato determinato in funzione della percentuale della tensione di contatto.



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

### LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

#### RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO – ESECUTIVO

#### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
g	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [MPa]
f <sub>cm</sub>	Resistenza caratteristica media a compressione, espressa in [MPa]
E	Modulo elastico, espresso in [MPa]
n	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	N / E	C	A	g [kN/mc]	R <sub>ck</sub> / f <sub>cm</sub> [MPa]	E [MPa]	n	n	ntc
1	C25/30	N E	C25/30	B450C	24,5170	30,000 24,517	31447,0 28791,3	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [MPa]	f <sub>uk</sub> [MPa]	f <sub>ym</sub> [MPa]
B450C	450,000	540,000	0,000

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	2,00	0,30	8.531
3	7,00	1,50	13.496

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

#### Geometria muro

##### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 1,00 [m]

##### Paramento

Materiale C25/30  
 Altezza paramento 0,80 [m]  
 Altezza paramento libero 0,80 [m]



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Spessore in sommità	0,25	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,25	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C25/30	
Lunghezza mensola di valle	0,45	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,15	[m]
Lunghezza totale	0,85	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,30	[m]
Spessore magrone	0,10	[m]

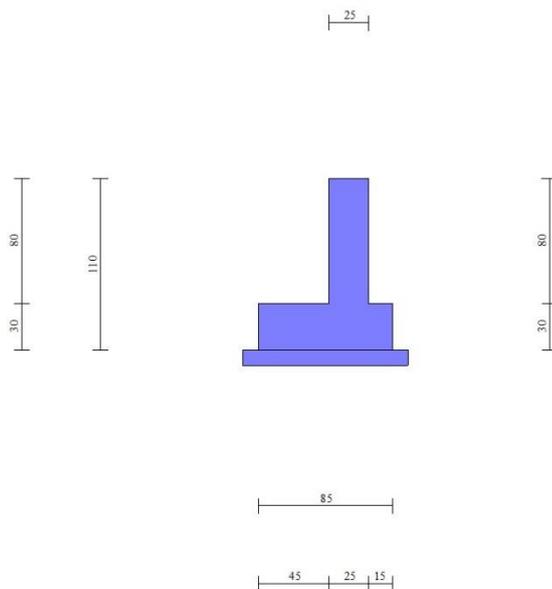


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
g	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
g <sub>s</sub>	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
f	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
d	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [MPa]
c <sub>a</sub>	Adesione terra-muro espressa in [MPa]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
tl	Tensione tangenziale limite, espressa in [MPa]



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	Descr	g [kN/mc]	g <sub>sat</sub> [kN/mc]	f [°]	d [°]	c [MPa]	ca [MPa]	Cesp	tl [MPa]
1	Terreno	18,0000	18,5000	28.000	23.330	0,000	0,000	---	---
2	Base	18,0000	18,5000	23.000	15.333	0,030	0,015	---	---

**Parametri di deformabilità**

**Simbologia adottata**

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [MPa]
n	Coeff. di Poisson
Ed	Modulo edometrico, espresso in [MPa]
CR	Rapporto di compressione
RR	Rapporto di ricompressione
OCR	Grado di sovraconsolidazione

n°	Descr	E [MPa]	n	Ed [MPa]	CR	RR	OCR
1	Terreno	4,511	0.300	6,865	0.000	0.000	1.000
2	Base	4,511	0.300	6,865	0.000	0.000	1.000

**Stratigrafia**

**Simbologia adottata**

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')  
 Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	a [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	1,20	0.000	Terreno	2.222	0.943	---	---	---	1,000	1,000
2	3,00	0.000	Base	0.000	0.000	---	---	---	0,000	0,000



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

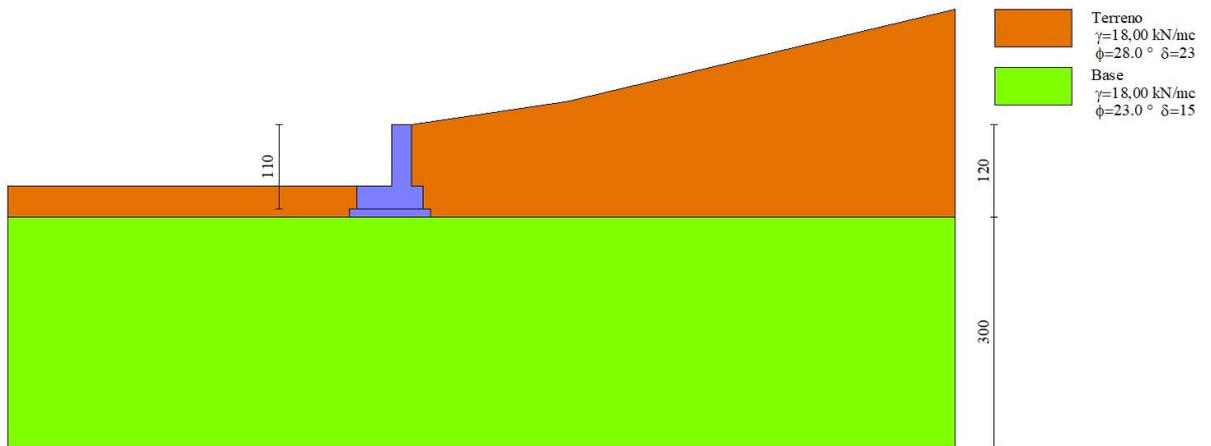


Fig. 2 - Stratigrafia

**Condizioni di carico**

**Simbologia adottata**

- Carichi verticali positivi verso il basso.
- Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
- Momento positivo senso antiorario.
- X            Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
- $F_x$         Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
- $F_y$         Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
- M            Momento espresso in [kNm]
- $X_i$         Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
- $X_f$         Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
- $Q_i$         Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kN]
- $Q_f$         Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kN]

**Condizione n° 1 (Neve) - VARIABILE**

Coeff. di combinazione       $Y_0=0.50 - Y_1=0.20 - Y_2=0.00$

**Carichi sul terreno**

n°	Tipo	X [m]	$F_x$ [kN]	$F_y$ [kN]	M [kNm]	$X_i$ [m]	$X_f$ [m]	$Q_i$ [kN]	$Q_f$ [kN]
1	Distribuito					0,00	7,00	1,5000	1,5000



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

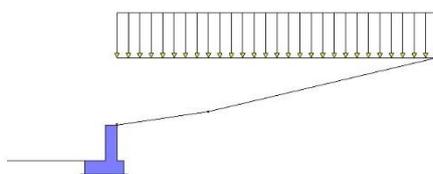


Fig. 3 - Carichi sul terreno

**Normativa**

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

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

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche	
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	g <sub>G1.fav</sub>	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	g <sub>G1.sfav</sub>	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	g <sub>G2.fav</sub>	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	g <sub>G2.sfav</sub>	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	g <sub>Q.fav</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	g <sub>Q.sfav</sub>	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	g <sub>QT.fav</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	g <sub>QT.sfav</sub>	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	g <sub>tan(f)</sub>	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	g <sub>c'</sub>	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	g <sub>cu</sub>	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	g <sub>γ</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali g<sub>R</sub> per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

**Descrizione combinazioni di carico**

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

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

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

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

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

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



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

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

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

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

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

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

I valori dei coeff.  $Y_{0j}$ ,  $Y_{1j}$ ,  $Y_{2j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.  
I valori dei coeff.  $g_G$  e  $g_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

**Simbologia adottata**

g Coefficiente di partecipazione della condizione  
Y Coefficiente di combinazione della condizione

**Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)**

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

**Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)**

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole

**Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)**

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole

**Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)**

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole

**Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)**



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Neve	1.30	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Neve	1.50	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Neve	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Neve	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

Condizione	g	Y	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Canneto Pavese
Provincia	Pavia
Regione	Lombardia
Latitudine	45.051407
Longitudine	9.279852
Indice punti di interpolazione	14037 - 14259 - 14260 - 14038
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		0.909	0.341
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.093	0.035
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.441	2.529
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.276	0.217
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T3	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $b_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	5.072	2.536
Ultimo - Ribaltamento	0.570	7.608	3.804
Esercizio	0.470	2.350	1.175

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Opzioni di calcolo**

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Coeff. di spinta definiti da strato
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	SI
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Cascone
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5BqN_q$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5,00 [cm]

Cedimenti

Metodo di calcolo delle tensioni	Boussinesq
Metodo di calcolo dei cedimenti	Edometrico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
DH massimo suddivisione strati	1,00 [m]



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Risultati per combinazione**

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione  
 A Tipo azione  
 I Inclinazione della spinta, espressa in [°]  
 V Valore dell'azione, espressa in [kN]  
 C<sub>x</sub>, C<sub>y</sub> Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]  
 P<sub>x</sub>, P<sub>y</sub> Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	6,22	23,33	5,71	2,46	0,15	-0,70
	Peso/Inerzia muro			0,00	11,16/0,00	-0,21	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	2,53/0,00	0,08	-0,39
2	Spinta statica	4,09	23,33	3,75	1,62	0,15	-0,73
	Incremento di spinta sismica		0,63	0,58	0,25	0,15	-0,73
	Peso/Inerzia muro			0,57	11,16/0,28	-0,21	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,11	2,19/0,06	0,08	-0,39
3	Spinta statica	4,09	23,33	3,75	1,62	0,15	-0,73
	Incremento di spinta sismica		0,42	0,39	0,17	0,15	-0,73
	Peso/Inerzia muro			0,57	11,16/-0,28	-0,21	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,11	2,19/-0,06	0,08	-0,39
4	Spinta statica	6,22	23,33	5,71	2,46	0,15	-0,70
	Peso/Inerzia muro			0,00	14,50/0,00	-0,21	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	3,18/0,00	0,08	-0,39
5	Spinta statica	6,22	23,33	5,71	2,46	0,15	-0,70
	Peso/Inerzia muro			0,00	11,16/0,00	-0,21	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	3,18/0,00	0,08	-0,39
6	Spinta statica	6,22	23,33	5,71	2,46	0,15	-0,70
	Peso/Inerzia muro			0,00	14,50/0,00	-0,21	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	2,53/0,00	0,08	-0,39
13	Spinta statica	4,69	23,33	4,31	1,86	0,15	-0,70
	Peso/Inerzia muro			0,00	11,16/0,00	-0,21	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	2,42/0,00	0,08	-0,39
14	Spinta statica	4,21	23,33	3,86	1,67	0,15	-0,72
	Peso/Inerzia muro			0,00	11,16/0,00	-0,21	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	2,24/0,00	0,08	-0,39
15	Spinta statica	4,09	23,33	3,75	1,62	0,15	-0,73
	Peso/Inerzia muro			0,00	11,16/0,00	-0,21	-0,71
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	2,19/0,00	0,08	-0,39





**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”  
CUP: I15F21001700007  
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO

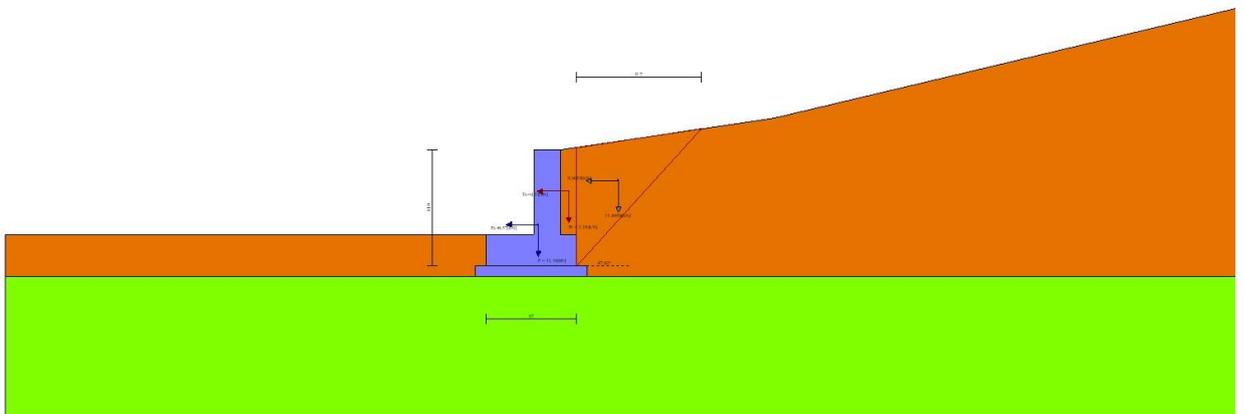


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

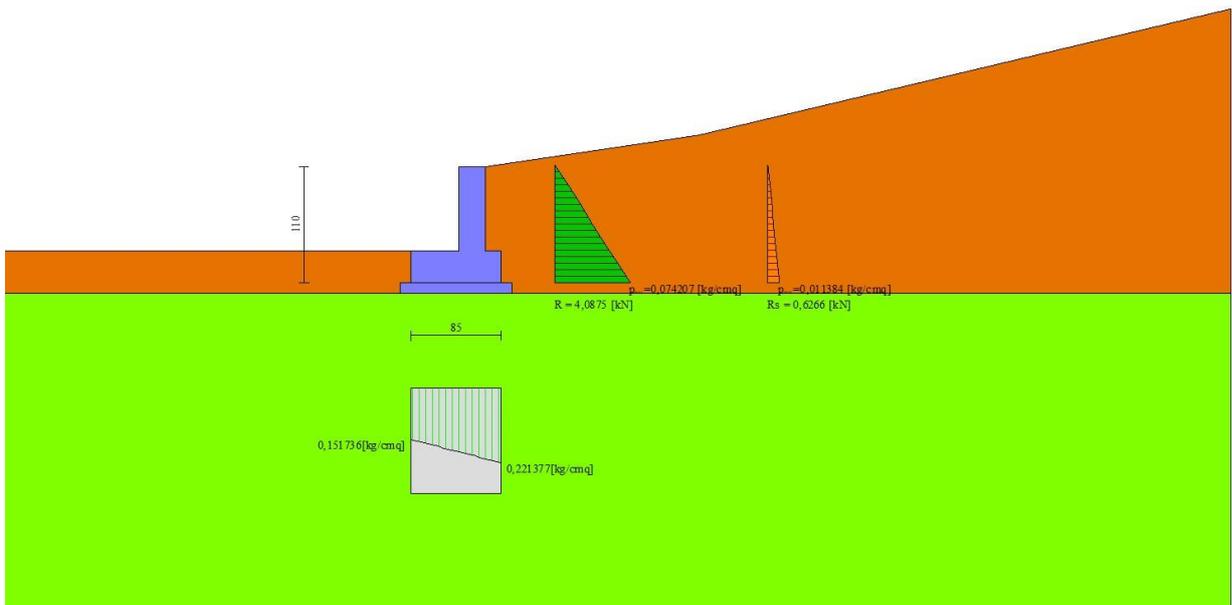


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)



## COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)

### LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"

CUP: I15F21001700007

#### RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO - ESECUTIVO

#### Verifiche geotecniche

#### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

##### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.219		27.730			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.340		28.406			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.324		30.024			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.521		20.818			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.268		25.360			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.471		22.341			
7 - GEO (A2-M2-R2)					1.403		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.648		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.637		
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.151				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		4.178				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		3.720				

#### Verifica a scorrimento fondazione

##### Simbologia adottata

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

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	6,96	0,00	0,00	--	--	6,96	5,71	1.219
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	6,71	0,00	0,00	--	--	6,71	5,01	1.340
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	6,38	0,00	0,00	--	--	6,38	4,82	1.324
4 - STR (A1-M1-R3)	8,69	0,00	0,00	--	--	8,69	5,71	1.521
5 - STR (A1-M1-R3)	7,25	0,00	0,00	--	--	7,25	5,71	1.268
6 - STR (A1-M1-R3)	8,41	0,00	0,00	--	--	8,41	5,71	1.471

#### Verifica a carico limite

##### Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	16,15	447,78	319,84	27.730
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	15,55	441,73	368,11	28.406
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	14,79	444,14	370,12	30.024
4 - STR (A1-M1-R3)	20,15	419,50	299,65	20.818
5 - STR (A1-M1-R3)	16,80	426,16	304,40	25.360
6 - STR (A1-M1-R3)	19,49	435,52	311,09	22.341



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

**Dettagli calcolo portanza**

**Simbologia adottata**

n° Indice combinazione  
 Nc, Nq, Ng Fattori di capacità portante  
 ic, iq, ig Fattori di inclinazione del carico  
 dc, dq, dg Fattori di profondità del piano di posa  
 gc, gq, gg Fattori di inclinazione del profilo topografico  
 bc, bq, bg Fattori di inclinazione del piano di posa  
 sc, sq, sg Fattori di forma della fondazione  
 pc, pq, pg Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof  
 Ir, Irc Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic  
 rg Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomiale  $0.5B_g N_g$  viene moltiplicato per questo fattore  
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
 H Altezza del cono di rottura, espresso in [m]  
 g Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]  
 f Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
 c Coesione del terreno medio, espresso in [MPa]  
 s<sub>v</sub> Pressione terreno valle, espressa in [MPa]  
 s<sub>m</sub> Pressione terreno monte, espressa in [MPa]  
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo "--" sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Cascone).

n°	Nc Nq Ng	ic iq ig	dc dq dg	gc gq gg	bc bq bg	sc sq sg	pc pq pg	Ir	Irc	Re	rg
1	26.022	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.835	1.000
	13.393	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.890	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
2	26.022	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.823	1.000
	13.393	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.890	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
3	26.022	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.828	1.000
	13.393	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.890	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
4	26.022	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.781	1.000
	13.393	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.890	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
5	26.022	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.795	1.000
	13.393	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.890	--	--	--	--	0.800	--	--	--		
6	26.022	--	--	--	--	1.300	--	--	--	0.811	1.000
	13.393	--	--	--	--	1.000	--	--	--		
	8.890	--	--	--	--	0.800	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	g [kN/mc]	f [°]	c [MPa]
1	0,30	0,85	0,20	18,00	25,47	0,015
2	0,30	0,85	0,20	18,00	25,47	0,015
3	0,30	0,85	0,20	18,00	25,47	0,015
4	0,30	0,85	0,20	18,00	25,47	0,015
5	0,30	0,85	0,20	18,00	25,47	0,015
6	0,30	0,85	0,20	18,00	25,47	0,015

n°	s <sub>v</sub> [MPa]	s <sub>m</sub> [MPa]
1	0,016	0,022
2	0,015	0,022
3	0,014	0,020
4	0,017	0,031
5	0,015	0,025
6	0,018	0,028

**Verifica a ribaltamento**

**Simbologia adottata**

n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
10 - EQU (A1-M1-R3)	9,53	2,30	4.151
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	9,15	2,19	4.178
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	8,78	2,36	3.720

**Verifica stabilità globale muro + terreno**

**Simbologia adottata**

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
7 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 1,50	2,69	1.403
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0,50; 1,50	2,69	1.648
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 1,50	2,69	1.637

**Dettagli strisce verifiche stabilità**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
 W peso della striscia espresso in [kN]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
 a angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 f angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [MPa]

**Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)**

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,31	0,30	0,00	1,91 - 0,15	58.243	23.043	0,000	0,0000	
2	0,88	0,30	0,00	0,15	54.331	23.043	0,000	0,0000	
3	1,35	0,30	0,00	0,15	49.053	23.043	0,000	0,0000	
4	1,74	0,30	0,00	0,15	44.292	23.043	0,000	0,0000	
5	2,05	0,30	0,00	0,15	39.894	23.043	0,000	0,0000	
6	2,32	0,30	0,00	0,15	35.765	23.043	0,000	0,0000	
7	2,54	0,30	0,00	0,15	31.841	23.043	0,000	0,0000	
8	2,72	0,30	0,00	0,15	28.078	23.043	0,000	0,0000	
9	2,86	0,30	0,00	0,15	24.444	23.043	0,000	0,0000	
10	2,97	0,30	0,00	0,15	20.912	23.043	0,000	0,0000	
11	3,06	0,30	0,00	0,15	17.461	23.043	0,000	0,0000	
12	3,25	0,30	0,00	0,15	14.075	23.043	0,000	0,0000	
13	3,84	0,15	0,00	0,15	10.739	23.043	0,000	0,0000	
14	4,31	0,00	0,00	0,15	7.440	23.043	0,000	0,0000	
15	1,36	0,00	0,00	0,15	4.165	23.043	0,000	0,0000	
16	1,37	0,00	0,00	0,15	0.903	23.043	0,000	0,0000	
17	1,36	0,00	0,00	0,15	-2.355	23.043	0,000	0,0000	
18	1,06	0,00	0,00	0,15	-5.621	23.043	0,000	0,0000	
19	0,98	0,00	0,00	0,15	-8.906	23.043	0,000	0,0000	
20	0,90	0,00	0,00	0,15	-12.220	23.043	0,000	0,0000	
21	0,80	0,00	0,00	0,15	-15.577	23.043	0,000	0,0000	
22	0,67	0,00	0,00	0,15	-18.989	23.043	0,000	0,0000	
23	0,51	0,00	0,00	0,15	-22.474	23.043	0,000	0,0000	
24	0,32	0,00	0,00	0,15	-26.049	23.043	0,000	0,0000	
25	0,10	0,00	0,00	-1,91 - 0,15	-27.088	23.043	0,000	0,0000	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,31	0,00	0,00	1,91 - 0,15	58.243	28.000	0,000	0,0000	
2	0,88	0,00	0,00	0,15	54.331	28.000	0,000	0,0000	
3	1,35	0,00	0,00	0,15	49.053	28.000	0,000	0,0000	



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
4	1,74	0,00	0,00	0,15	44.292	28.000	0,000	0,0000	
5	2,05	0,00	0,00	0,15	39.894	28.000	0,000	0,0000	
6	2,32	0,00	0,00	0,15	35.765	28.000	0,000	0,0000	
7	2,54	0,00	0,00	0,15	31.841	28.000	0,000	0,0000	
8	2,72	0,00	0,00	0,15	28.078	28.000	0,000	0,0000	
9	2,86	0,00	0,00	0,15	24.444	28.000	0,000	0,0000	
10	2,97	0,00	0,00	0,15	20.912	28.000	0,000	0,0000	
11	3,06	0,00	0,00	0,15	17.461	28.000	0,000	0,0000	
12	3,25	0,00	0,00	0,15	14.075	28.000	0,000	0,0000	
13	3,84	0,00	0,00	0,15	10.739	28.000	0,000	0,0000	
14	4,31	0,00	0,00	0,15	7.440	28.000	0,000	0,0000	
15	1,36	0,00	0,00	0,15	4.165	28.000	0,000	0,0000	
16	1,37	0,00	0,00	0,15	0.903	28.000	0,000	0,0000	
17	1,36	0,00	0,00	0,15	-2.355	28.000	0,000	0,0000	
18	1,06	0,00	0,00	0,15	-5.621	28.000	0,000	0,0000	
19	0,98	0,00	0,00	0,15	-8.906	28.000	0,000	0,0000	
20	0,90	0,00	0,00	0,15	-12.220	28.000	0,000	0,0000	
21	0,80	0,00	0,00	0,15	-15.577	28.000	0,000	0,0000	
22	0,67	0,00	0,00	0,15	-18.989	28.000	0,000	0,0000	
23	0,51	0,00	0,00	0,15	-22.474	28.000	0,000	0,0000	
24	0,32	0,00	0,00	0,15	-26.049	28.000	0,000	0,0000	
25	0,10	0,00	0,00	-1,91 - 0,15	-27.088	28.000	0,000	0,0000	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,31	0,00	0,00	1,91 - 0,15	58.243	28.000	0,000	0,0000	
2	0,88	0,00	0,00	0,15	54.331	28.000	0,000	0,0000	
3	1,35	0,00	0,00	0,15	49.053	28.000	0,000	0,0000	
4	1,74	0,00	0,00	0,15	44.292	28.000	0,000	0,0000	
5	2,05	0,00	0,00	0,15	39.894	28.000	0,000	0,0000	
6	2,32	0,00	0,00	0,15	35.765	28.000	0,000	0,0000	
7	2,54	0,00	0,00	0,15	31.841	28.000	0,000	0,0000	
8	2,72	0,00	0,00	0,15	28.078	28.000	0,000	0,0000	
9	2,86	0,00	0,00	0,15	24.444	28.000	0,000	0,0000	
10	2,97	0,00	0,00	0,15	20.912	28.000	0,000	0,0000	
11	3,06	0,00	0,00	0,15	17.461	28.000	0,000	0,0000	
12	3,25	0,00	0,00	0,15	14.075	28.000	0,000	0,0000	
13	3,84	0,00	0,00	0,15	10.739	28.000	0,000	0,0000	
14	4,31	0,00	0,00	0,15	7.440	28.000	0,000	0,0000	
15	1,36	0,00	0,00	0,15	4.165	28.000	0,000	0,0000	
16	1,37	0,00	0,00	0,15	0.903	28.000	0,000	0,0000	
17	1,36	0,00	0,00	0,15	-2.355	28.000	0,000	0,0000	
18	1,06	0,00	0,00	0,15	-5.621	28.000	0,000	0,0000	
19	0,98	0,00	0,00	0,15	-8.906	28.000	0,000	0,0000	
20	0,90	0,00	0,00	0,15	-12.220	28.000	0,000	0,0000	
21	0,80	0,00	0,00	0,15	-15.577	28.000	0,000	0,0000	
22	0,67	0,00	0,00	0,15	-18.989	28.000	0,000	0,0000	
23	0,51	0,00	0,00	0,15	-22.474	28.000	0,000	0,0000	
24	0,32	0,00	0,00	0,15	-26.049	28.000	0,000	0,0000	
25	0,10	0,00	0,00	-1,91 - 0,15	-27.088	28.000	0,000	0,0000	



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

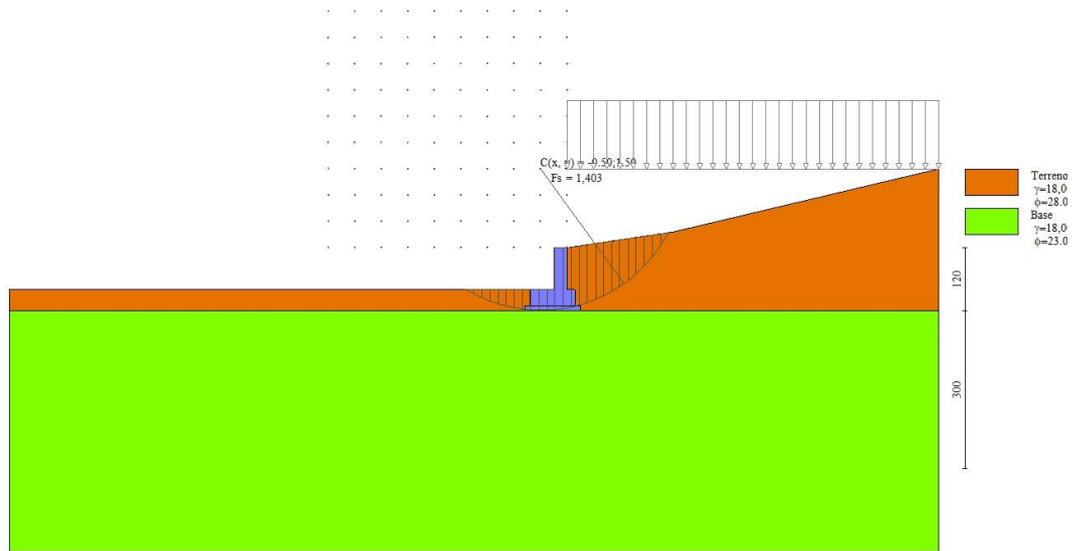


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

**Cedimenti**

**Simbologia adottata**

lc           Indice combinazione  
X, Y        Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]  
w           Cedimento, espressa in [cm]  
dw         Cedimento differenziale, espressa in [cm]

lc	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
13	-0,70; -1,10	0,166	0,000
13	-0,27; -1,10	0,257	0,092
13	0,15; -1,10	0,196	0,030
14	-0,70; -1,10	0,159	0,000
14	-0,27; -1,10	0,251	0,092
14	0,15; -1,10	0,194	0,035
15	-0,70; -1,10	0,157	0,000
15	-0,27; -1,10	0,250	0,092
15	0,15; -1,10	0,193	0,036

**Sollecitazioni**

**Elementi calcolati a trave**

**Simbologia adottata**

n°         Indice della sezione  
X         Posizione della sezione, espresso in [m]  
N         Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.  
T         Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle  
M         Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)  
La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

**Paramento**



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,66	0,11	0,00
3	-0,20	1,36	0,31	0,01
4	-0,30	2,09	0,57	0,04
5	-0,40	2,85	0,92	0,09
6	-0,50	3,64	1,34	0,18
7	-0,60	4,47	1,84	0,31
8	-0,70	5,33	2,42	0,50
9	-0,80	6,23	3,08	0,73

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,64	0,07	0,00
3	-0,20	1,32	0,20	0,01
4	-0,30	2,02	0,40	0,03
5	-0,40	2,75	0,68	0,07
6	-0,50	3,51	1,02	0,14
7	-0,60	4,31	1,43	0,24
8	-0,70	5,13	1,90	0,38
9	-0,80	5,98	2,45	0,57

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,61	0,06	0,00
3	-0,20	1,25	0,20	0,01
4	-0,30	1,92	0,39	0,03
5	-0,40	2,62	0,65	0,07
6	-0,50	3,34	0,98	0,13
7	-0,60	4,10	1,37	0,23
8	-0,70	4,88	1,83	0,37
9	-0,80	5,69	2,35	0,55

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,85	0,11	0,00
3	-0,20	1,73	0,31	0,01
4	-0,30	2,64	0,57	0,04
5	-0,40	3,58	0,92	0,09
6	-0,50	4,56	1,34	0,18
7	-0,60	5,58	1,84	0,31
8	-0,70	6,62	2,42	0,50
9	-0,80	7,70	3,08	0,73

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,66	0,11	0,00
3	-0,20	1,36	0,31	0,01
4	-0,30	2,09	0,57	0,04
5	-0,40	2,85	0,92	0,09
6	-0,50	3,64	1,34	0,18
7	-0,60	4,47	1,84	0,31
8	-0,70	5,33	2,42	0,50
9	-0,80	6,23	3,08	0,73

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
2	-0,10	0,85	0,11	0,00
3	-0,20	1,73	0,31	0,01
4	-0,30	2,64	0,57	0,04
5	-0,40	3,58	0,92	0,09
6	-0,50	4,56	1,34	0,18
7	-0,60	5,58	1,84	0,31
8	-0,70	6,62	2,42	0,50
9	-0,80	7,70	3,08	0,73

Combinazione n° 13 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,65	0,08	0,00
3	-0,20	1,32	0,22	0,01
4	-0,30	2,02	0,42	0,03
5	-0,40	2,74	0,68	0,07
6	-0,50	3,49	1,00	0,13
7	-0,60	4,27	1,37	0,23
8	-0,70	5,07	1,81	0,37
9	-0,80	5,90	2,30	0,54

Combinazione n° 14 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,63	0,04	0,00
3	-0,20	1,29	0,14	0,00
4	-0,30	1,97	0,30	0,02
5	-0,40	2,68	0,52	0,04
6	-0,50	3,41	0,80	0,09
7	-0,60	4,17	1,13	0,17
8	-0,70	4,95	1,53	0,28
9	-0,80	5,76	1,99	0,43

Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,63	0,03	0,00
3	-0,20	1,28	0,12	0,00
4	-0,30	1,96	0,27	0,01
5	-0,40	2,66	0,48	0,04
6	-0,50	3,39	0,75	0,08
7	-0,60	4,14	1,07	0,16
8	-0,70	4,92	1,46	0,26
9	-0,80	5,73	1,91	0,41



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

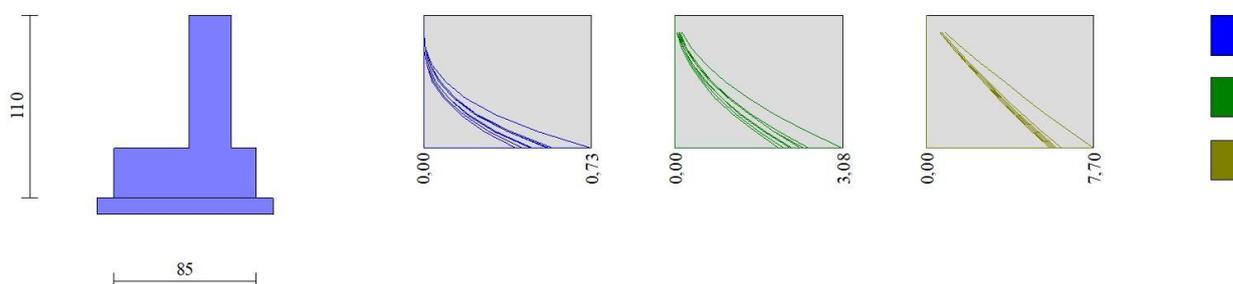


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

**Fondazione**

**Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,61	0,00	0,80	0,04
3	-0,52	0,00	1,66	0,15
4	-0,43	0,00	2,58	0,34
5	-0,34	0,00	3,55	0,61
6	-0,25	0,00	4,59	0,98
7	0,00	0,00	-1,06	-0,08
8	0,08	0,00	-0,52	-0,02
9	0,15	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,61	0,00	0,71	0,03
3	-0,52	0,00	1,48	0,13
4	-0,43	0,00	2,32	0,30
5	-0,34	0,00	3,23	0,55
6	-0,25	0,00	4,20	0,88
7	0,00	0,00	-0,13	-0,01
8	0,08	0,00	-0,05	0,00
9	0,15	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,61	0,00	0,66	0,03



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
3	-0,52	0,00	1,37	0,12
4	-0,43	0,00	2,15	0,28
5	-0,34	0,00	2,98	0,51
6	-0,25	0,00	3,87	0,82
7	0,00	0,00	-0,30	-0,02
8	0,08	0,00	-0,14	-0,01
9	0,15	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,61	0,00	0,73	0,03
3	-0,52	0,00	1,58	0,13
4	-0,43	0,00	2,57	0,32
5	-0,34	0,00	3,68	0,60
6	-0,25	0,00	4,93	0,99
7	0,00	0,00	-0,22	-0,01
8	0,08	0,00	-0,08	0,00
9	0,15	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,61	0,00	0,72	0,03
3	-0,52	0,00	1,53	0,13
4	-0,43	0,00	2,43	0,31
5	-0,34	0,00	3,44	0,57
6	-0,25	0,00	4,53	0,93
7	0,00	0,00	-0,71	-0,05
8	0,08	0,00	-0,33	-0,01
9	0,15	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,61	0,00	0,81	0,04
3	-0,52	0,00	1,71	0,15
4	-0,43	0,00	2,71	0,35
5	-0,34	0,00	3,80	0,64
6	-0,25	0,00	4,98	1,03
7	0,00	0,00	-0,57	-0,04
8	0,08	0,00	-0,26	-0,01
9	0,15	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 13 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,61	0,00	0,54	0,02
3	-0,52	0,00	1,18	0,10
4	-0,43	0,00	1,92	0,24
5	-0,34	0,00	2,77	0,45
6	-0,25	0,00	3,72	0,74
7	0,00	0,00	-0,13	-0,01
8	0,08	0,00	-0,04	0,00
9	0,15	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 14 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,61	0,00	0,43	0,02
3	-0,52	0,00	0,98	0,08
4	-0,43	0,00	1,64	0,20
5	-0,34	0,00	2,43	0,38



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI  
MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
6	-0,25	0,00	3,33	0,64
7	0,00	0,00	0,09	0,01
8	0,08	0,00	0,08	0,00
9	0,15	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,61	0,00	0,40	0,02
3	-0,52	0,00	0,92	0,08
4	-0,43	0,00	1,57	0,19
5	-0,34	0,00	2,34	0,36
6	-0,25	0,00	3,24	0,61
7	0,00	0,00	0,15	0,01
8	0,08	0,00	0,11	0,00
9	0,15	0,00	0,00	0,00



85

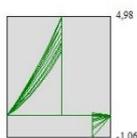
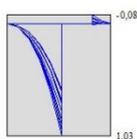


Fig. 10 - Fondazione (Inviluppo)



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Risultati per inviluppo**

Spinta e forze

Simbologia adottata

- Ic      Indice della combinazione
- A      Tipo azione
- I      Inclinazione della spinta, espressa in [°]
- V      Valore dell'azione, espressa in [kN]
- C<sub>x</sub>, C<sub>y</sub>      Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
- P<sub>x</sub>, P<sub>y</sub>      Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	6,22	23,33	5,71	2,46	0,15	-0,70
	Peso/inerzia muro			0,00	11,16/0,00	-0,21	-0,71
	Peso/inerzia terrapieno			0,00	2,53/0,00	0,08	-0,39

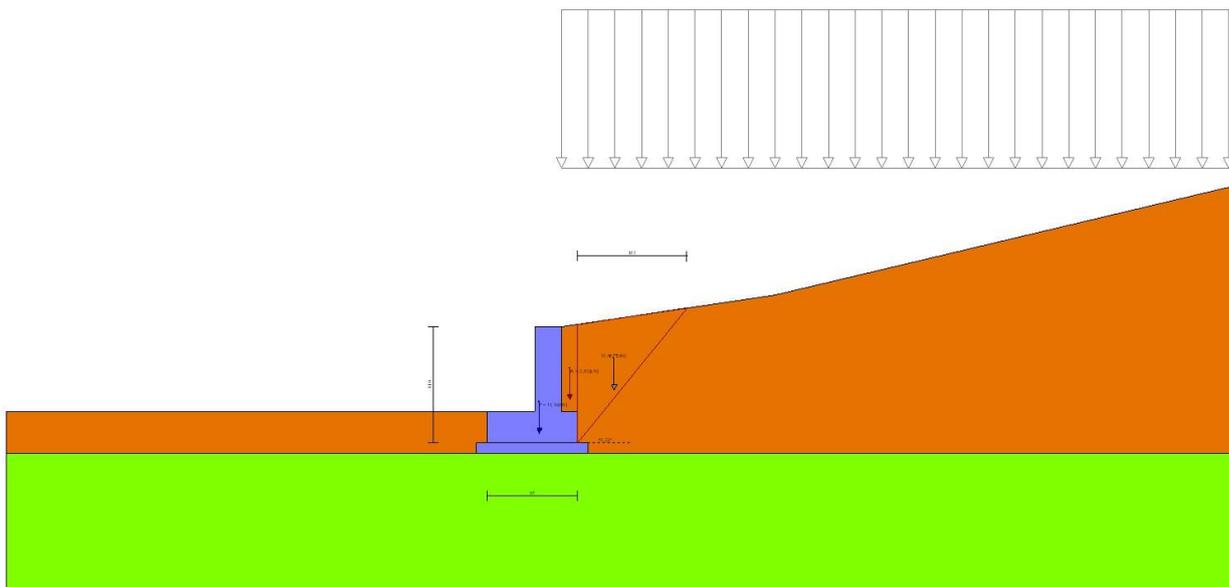


Fig. 11 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

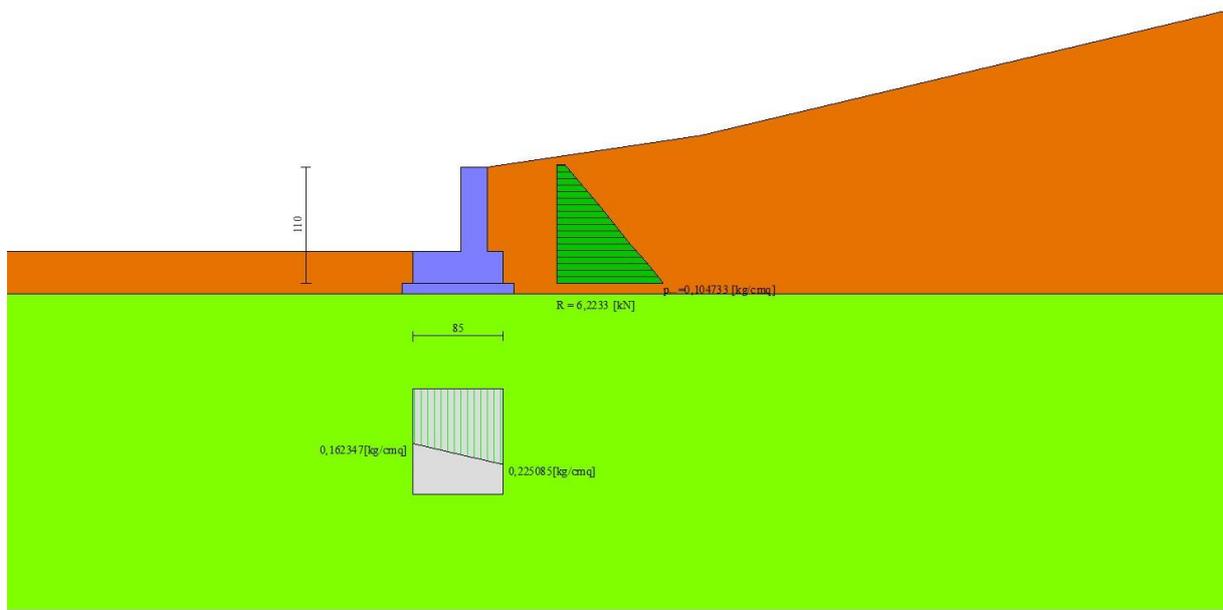


Fig. 12 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

### Verifiche geotecniche

#### *Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

##### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.219		27.730			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.340		28.406			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.324		30.024			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.521		20.818			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.268		25.360			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.471		22.341			
7 - GEO (A2-M2-R2)					1.403		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.648		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.637		
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.151				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		4.178				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		3.720				

#### *Verifica a scorrimento fondazione*

##### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

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

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	6,96	0,00	0,00	--	--	6,96	5,71	1.219

*Verifica a carico limite*

**Simbologia adottata**

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
4 - STR (A1-M1-R3)	20,15	419,50	299,65	20.818

**Dettagli calcolo portanza**

**Simbologia adottata**

n° Indice combinazione  
 Nc, Nq, Ng Fattori di capacità portante  
 ic, iq, ig Fattori di inclinazione del carico  
 dc, dq, dg Fattori di profondità del piano di posa  
 gc, gq, gg Fattori di inclinazione del profilo topografico  
 bc, bq, bg Fattori di inclinazione del piano di posa  
 sc, sq, sg Fattori di forma della fondazione  
 pc, pq, pg Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof  
 Ir, Irc Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic  
 rg Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia  $0.5B_g N_g$  viene moltiplicato per questo fattore  
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
 g Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]  
 f Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
 c Coesione del terreno medio, espresso in [MPa]  
 sv Pressione terreno valle, espressa in [MPa]  
 sm Pressione terreno monte, espressa in [MPa]  
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Cascone).

n°	Nc Nq Ng	ic iq ig	dc dq dg	gc gq gg	bc bq bg	sc sq sg	pc pq pg	Ir	Irc	Re	rg
4	26.022 13.393 8.890	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.300 1.000 0.800	-- -- --	--	--	0.781	1.000

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	g [kN/mc]	f [°]	c [MPa]
4	0,30	0,85	0,20	18,00	25,47	0,015

n°	sv [MPa]	sm [MPa]
4	0,017	0,031

*Verifica a ribaltamento*

**Simbologia adottata**

n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO - ESECUTIVO**

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	8,78	2,36	3.720

**Verifica stabilità globale muro + terreno**

**Simbologia adottata**

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
7 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 1,50	2,69	1.403

**Dettagli strisce verifiche stabilità**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
 W peso della striscia espresso in [kN]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
 a angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 f angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [MPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [MPa]	u [MPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,31	0,30	0,00	1,91 - 0,15	58.243	23.043	0,000	0,0000	
2	0,88	0,30	0,00	0,15	54.331	23.043	0,000	0,0000	
3	1,35	0,30	0,00	0,15	49.053	23.043	0,000	0,0000	
4	1,74	0,30	0,00	0,15	44.292	23.043	0,000	0,0000	
5	2,05	0,30	0,00	0,15	39.894	23.043	0,000	0,0000	
6	2,32	0,30	0,00	0,15	35.765	23.043	0,000	0,0000	
7	2,54	0,30	0,00	0,15	31.841	23.043	0,000	0,0000	
8	2,72	0,30	0,00	0,15	28.078	23.043	0,000	0,0000	
9	2,86	0,30	0,00	0,15	24.444	23.043	0,000	0,0000	
10	2,97	0,30	0,00	0,15	20.912	23.043	0,000	0,0000	
11	3,06	0,30	0,00	0,15	17.461	23.043	0,000	0,0000	
12	3,25	0,30	0,00	0,15	14.075	23.043	0,000	0,0000	
13	3,84	0,15	0,00	0,15	10.739	23.043	0,000	0,0000	
14	4,31	0,00	0,00	0,15	7.440	23.043	0,000	0,0000	
15	1,36	0,00	0,00	0,15	4.165	23.043	0,000	0,0000	
16	1,37	0,00	0,00	0,15	0.903	23.043	0,000	0,0000	
17	1,36	0,00	0,00	0,15	-2.355	23.043	0,000	0,0000	
18	1,06	0,00	0,00	0,15	-5.621	23.043	0,000	0,0000	
19	0,98	0,00	0,00	0,15	-8.906	23.043	0,000	0,0000	
20	0,90	0,00	0,00	0,15	-12.220	23.043	0,000	0,0000	
21	0,80	0,00	0,00	0,15	-15.577	23.043	0,000	0,0000	
22	0,67	0,00	0,00	0,15	-18.989	23.043	0,000	0,0000	
23	0,51	0,00	0,00	0,15	-22.474	23.043	0,000	0,0000	
24	0,32	0,00	0,00	0,15	-26.049	23.043	0,000	0,0000	
25	0,10	0,00	0,00	-1,91 - 0,15	-27.088	23.043	0,000	0,0000	



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

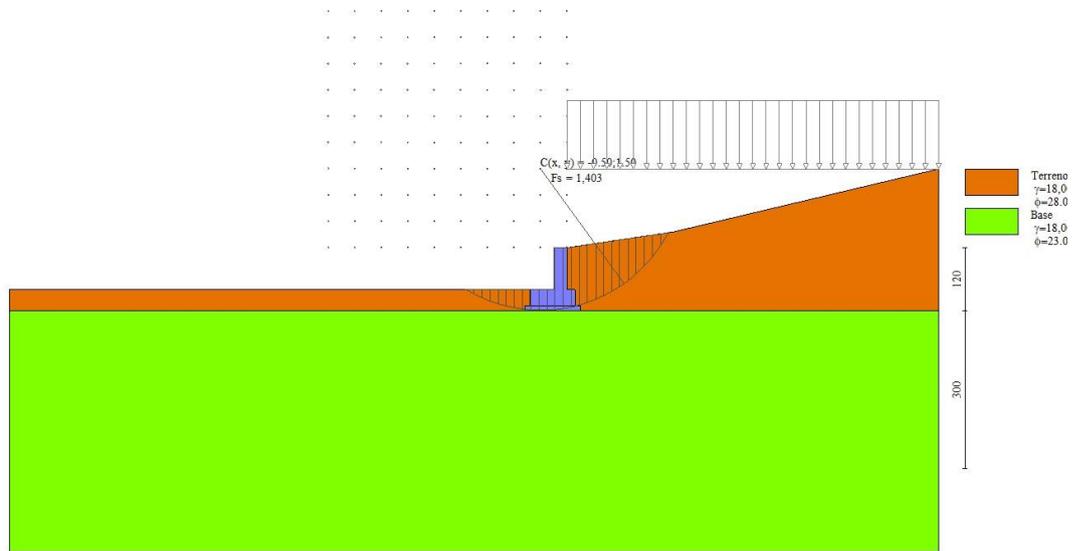


Fig. 13 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

### Cedimenti

#### Simbologia adottata

lc	Indice combinazione
X, Y	Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
w	Cedimento, espressa in [cm]
dw	Cedimento differenziale, espressa in [cm]

lc	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
13	-0,70; -1,10	0,166	0,000
13	-0,27; -1,10	0,257	0,092
13	0,15; -1,10	0,196	0,030

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

n°	Indice della sezione
X	Posizione della sezione, espresso in [m]
N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

### Paramento

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,61	0,85	0,03	0,11	0,00	0,00
3	-0,20	1,25	1,73	0,12	0,31	0,00	0,01
4	-0,30	1,92	2,64	0,27	0,57	0,01	0,04



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
5	-0,40	2,62	3,58	0,48	0,92	0,04	0,09
6	-0,50	3,34	4,56	0,75	1,34	0,08	0,18
7	-0,60	4,10	5,58	1,07	1,84	0,16	0,31
8	-0,70	4,88	6,62	1,46	2,42	0,26	0,50
9	-0,80	5,69	7,70	1,91	3,08	0,41	0,73

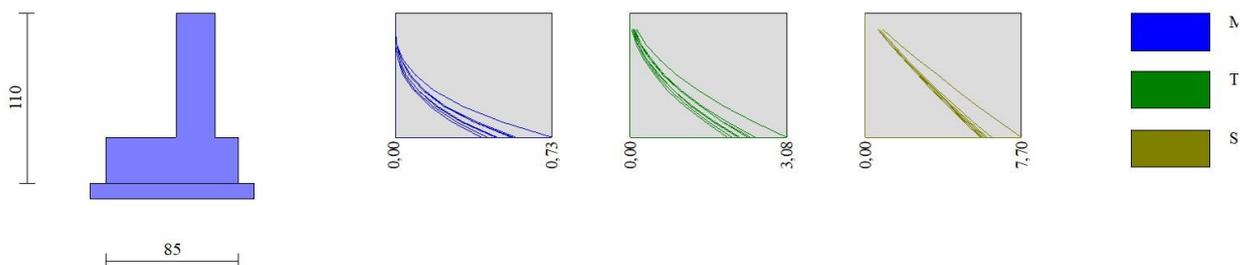


Fig. 14 - Paramento

*Fondazione*

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,61	0,00	0,00	0,40	0,81	0,02	0,04
3	-0,52	0,00	0,00	0,92	1,71	0,08	0,15
4	-0,43	0,00	0,00	1,57	2,71	0,19	0,35
5	-0,34	0,00	0,00	2,34	3,80	0,36	0,64
6	-0,25	0,00	0,00	3,24	4,98	0,61	1,03
7	0,00	0,00	0,00	-1,06	0,15	-0,08	0,01
8	0,08	0,00	0,00	-0,52	0,11	-0,02	0,00
9	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

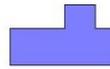


**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE"

CUP: I15F21001700007

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO - ESECUTIVO



85

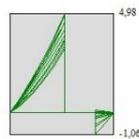
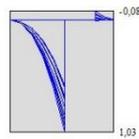


Fig. 15 - Fondazione



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**  
**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI**  
**MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**  
**CUP: I15F21001700007**  
**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO**  
**PROGETTO – ESECUTIVO**

**Elenco ferri**

**Simbologia adottata**

n°	Indice del ferro
nf	numero ferri
D	diametro ferro espresso in [mm]
L	Lunghezza ferro espresso in [m]
P <sub>ferro</sub>	Peso ferro espresso in [kN]

**Computo metrico**

	<b>U.M.</b>	<b>Quantità</b>	<b>Prezzo unitario</b>	<b>Importo</b>
			<i>[Euro]</i>	<i>[Euro]</i>
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	0,20	72.30	14.46
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	0,26	61.97	15.80
Calcestruzzo magro	[mc]	0,11	46.48	4.88
Casseformi	[mq]	1.60	13.94	22.30
Scavo a sezione obbligata	[mc]	0,26	9.30	2.37
<b>Totale muro</b>				<b>59,82</b>
<b>Totale</b>				<b>59,82</b>



## **COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

### **LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

#### **RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO PROGETTO – ESECUTIVO**

#### **Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)**

##### **Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo**

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

##### **Tipo di analisi svolta**

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

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

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

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

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

##### **Origine e caratteristiche dei codici di calcolo**

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	16.20 B
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)

##### **Affidabilità dei codici di calcolo**

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

##### **Modalità di presentazione dei risultati**

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

##### **Informazioni generali sull'elaborazione**

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

##### **Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

Il progettista  
( )

---



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

CUP: I15F21001700007

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

**Indice**

Normative di riferimento	77
Richiami teorici	78
Calcolo della spinta sul muro	78
Valori caratteristici e valori di calcolo	78
Metodo di Culmann	78
Spinta in presenza di falda	78
Spinta in presenza di sisma	79
Verifica a ribaltamento	79
Verifica a scorrimento	80
Verifica al carico limite	80
Verifica alla stabilità globale	81
Cedimenti della fondazione	82
Dati	83
Materiali	83
Calcestruzzo armato	83
Acciai	83
Geometria profilo terreno a monte del muro	83
Geometria muro	83
Geometria paramento e fondazione	83
Descrizione terreni	84
Stratigrafia	85
Condizioni di carico	85
Normativa	86
Descrizione combinazioni di carico	87
Dati sismici	89
Opzioni di calcolo	90
Risultati per combinazione	91
Spinta e forze	91
Verifiche geotecniche	93
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	93
Verifica a scorrimento fondazione	94
Verifica a carico limite	94
Dettagli calcolo portanza	94
Verifica a ribaltamento	95
Verifica stabilità globale muro + terreno	95
Dettagli strisce verifiche stabilità	96
Cedimenti	97
Sollecitazioni	98
Paramento	98
Fondazione	101
	191



**COMUNE DI CANNETO PAVESE (PV)**

**LAVORI DI “MESSA IN SICUREZZA DI VIA IV NOVEMBRE CON REALIZZAZIONE DI MARCIAPIEDE PEDONALE E MURO DI CONTENIMENTO DEL VERSANTE”**

**CUP: I15F21001700007**

**RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO  
PROGETTO – ESECUTIVO**

Risultati per inviluppo	105
Spinta e forze	105
Verifiche geotecniche	106
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	106
Verifica a scorrimento fondazione	106
Verifica a carico limite	107
Dettagli calcolo portanza	107
Verifica a ribaltamento	107
Verifica stabilità globale muro + terreno	108
Dettagli strisce verifiche stabilità	108
Cedimenti	109
Sollecitazioni	109
Paramento	109
Fondazione	110
Elenco ferri	112
Computo metrico	112
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	113