

---

# PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO INTERVENTI DI RIPRISTINO EFFICIENZA IDRAULICA RETICOLO MINORE LOCALITÀ VAL GARDE E SFIORO ACQUE BIANCHE VIA RIVA

## 02 – RELAZIONE VERIFICA STRUTTURE E IDRAULICA



ecosphera s.r.l. - via Malogno, 2 - 25036 Palazzolo sull'Oglio (BS) - Tel. 030.7402007 – 030.7401749 - Fax 030.7402017 - [www.ecosphera.net](http://www.ecosphera.net) - [mail:info@ecosphera.net](mailto:info@ecosphera.net)



Data emissione	19/12/2017
Commessa	17/1929
File	F:\C\COMUNEVIADANICA\acqua\2017 08 Richiesta finanziamento alluvione 06 2016\Reltecnica Prog definitivo-esecutivo 1712 Comune Viadanica.doc
Referente	F. Bellini

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>VERIFICA ART. 15 RR 3/2006 .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONI.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1.</b>	<b>TUBAZIONE CLS 1000 RIM 06.....</b>	<b>5</b>
<b>3.2.</b>	<b>TUBAZIONI VIA VOLTA E RIVA .....</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>STATICA TUBAZIONI .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1.</b>	<b>TUBAZIONI PVC.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2.</b>	<b>TUBAZIONI C.A. ....</b>	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b>STABILITÀ SCOGLIERA.....</b>	<b>10</b>
<b>6.</b>	<b>CA CAMERETTE .....</b>	<b>10</b>
<b>7.</b>	<b>AZIONI SUI TERRENI INTERVENTO B.....</b>	<b>11</b>
<b>7.1.</b>	<b>TUBAZIONI.....</b>	<b>11</b>
<b>7.2.</b>	<b>CAMERETTE PREFABBRICATE IN CALCESTRUZZO .....</b>	<b>12</b>

ALLEGATO 1: CALCOLO STRUTTURALE SCOGLIERE INTERVENTO 2

ALLEGATO 2: CALCOLO STRUTTURALE CAMERETTA A3

TAV 1: SEZIONE LONGITUDINALE TUBAZIONE CLS 1000 CON PROFILO IDRAULICO

## 1. PREMESSA

Nel presente si riportano le verifiche relativamente a:

- rispetto art. 15 RR 3/2006 per il nuovo sfioro di via Volta
- idraulica tubazioni via Volta e Riva
- stabilità strutturale tubazioni PVC e c.a.
- stabilità strutturale scogliere
- stabilità strutturale camerette c.a.
- azioni sui terreni.

## 2. VERIFICA ART. 15 RR 3/2006

Il progetto prevede l'attivazione di un nuovo sfioro in sulla tubazione mista di via Volta prima dell'ingresso nella fognatura di via Riva.

Gli abitanti serviti dalla fognatura mista di via Volta sono quelli della via stessa e della via Mazzini, per un totale di 80.

Si riporta il calcolo della portata minima che deve poter defluire nella tubazione di valle del manufatto di troppo pieno prima della attivazione dello sfioro calcolata dalla dotazione idrica di 750 l/AE/g, ipotizzata uniformemente distribuita sulle 24 ore.

residenti Ab	80
fluttuanti, stabili non residenti Ab	0
addetti, scuole Ab	0
scarico industriale AE	0
abitanti di calcolo AE	80
portata 1° e 2° pioggia	0
portata minima di sfioro l/s	0,69

La portata di attivazione dello sfioratore viene calcolata come la portata di moto uniforme che può transitare nella tubazione in uscita dal manufatto con una altezza idrica pari alla luce libera lasciata dalla paratoie.

Per il calcolo della portata di moto uniforme si utilizza Gauckler-Strickler:

$$V = k R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

V = velocità media della corrente in m/s

k = coefficiente di Gauckler-Strickler in  $m^{1/3}/s$

i = pendenza tubazione

Il valore di k è considerato pari a  $95 m^{1/3}/s$ , per i tubi in PVC o PEAD.

Si riporta il risultato del calcolo delle portate transitabili a valle in condizioni di sfioro incipiente o di inizio del funzionamento sottobattente per i manufatti con paratoia:

diametro canaletta/B m	0,2
pendenza tubazione nera valle	0,0300
K $m^{1/3}/s$	95
φ angolo al centro	120
h m (altezza soglia sfioro)	0,050
R m	0,0293
A $m^2$	0,0061
V m/s	1,56
Q	9,6
verifica art. 15 RR3/2006	ok

### 3. VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONI

#### 3.1. TUBAZIONE CLS 1000 RIM 06

La portata attesa per eventi TR 50 nella sezione più a valle (vedi Relazione generale capitolo 3) è pari a poco meno di 5,0 m<sup>3</sup>/s.

La tubazione è in cls di diametro 1,0 m ed è caratterizzabile con scabrezza di 75 m<sup>1/3</sup>/s.

Si riporta, per tale portata, il calcolo delle pendenze caratteristiche di tale tubazione:

D diametro	m	1
Ks scabrezza Strickler	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>	75
Q portata	m <sup>3</sup> /s	5
y <sub>c</sub> altezza critica	m	0,991
β <sub>c</sub> angolo al centro corrispondente	rad	2,95
A <sub>c</sub> area bagnata corrispondente	m <sup>2</sup>	0,784
Bc larghezza sommitale corrispondente	m	0,189
A <sup>3</sup> /B-Q <sup>2</sup> /g	m <sup>5</sup>	0,005438
p <sub>c</sub> perimetro bagnato corrispondente	m	2,95
R <sub>c</sub> raggio idraulico corrispondente	m	0,27
V <sub>c</sub> velocità media corrispondente	m/s	6,38
i <sub>c</sub> pendenza critica		0,0423
R <sub>D</sub> raggio idraulico per y=D	m	0,25
V <sub>D</sub> velocità media per y=D	m/s	6,37
i <sub>D</sub> pendenza limite		0,0457
y <sub>m</sub> altezza per portata max a pelo libero	m	0,94
β <sub>m</sub> angolo al centro corrispondente	rad	2,65
A <sub>m</sub> area bagnata corrispondente	m <sup>2</sup>	0,766
p <sub>m</sub> perimetro bagnato corrispondente	m	2,65
R <sub>m</sub> raggio idraulico corrispondente	m	0,29
V <sub>m</sub> velocità media corrispondente	m/s	6,53
i <sub>m</sub> pendenza minima		0,0395

Si ha pertanto:

- pendenza critica i<sub>c</sub> pari a 4,2%;
- pendenza limite i<sub>D</sub> (pendenza per cui si ha un moto in pressione con altezza piezometrica pari all'altezza della sezione) pari a 4,57%;
- pendenza minima i<sub>m</sub> (pendenza al di sotto della quale il moto non avviene a superficie libera) pari a 3,95%.

Nell'allegata tav 1 è riportata la sezione longitudinale della tubazione con il profilo idraulico indicativo desumibile dalle pendenze caratteristiche calcolate e da una perdita concentrata alla cameretta A6 pari a 0,3 V<sup>2</sup>/2g.

Alla portata TR 50 la tubazione funziona in pressione nel tratto dal fabbricato del fornaio sino alla cameretta sulla via Giovanni XXIII e nel tratto dall'imbocco sino al sottopasso della via Colognola; funzionerebbe a pelo libero nel tratto intermedio e lungo la via Giovanni XXIII; con un rialzo di circa 0,5 m della sommità della cameretta di salto al fornaio si avrebbe un buon franco (circa 75 cm) contro fuoriuscite idriche dalla cameretta; potrebbero comunque verificarsi fughe tra le giunzioni delle tubazioni che potrebbero danneggiare le pavimentazioni soprastanti.

### 3.2. TUBAZIONI VIA VOLTA E RIVA

Il dimensionamento è stato effettuato per TR 20.

La portata attesa per eventi TR 20 è pari a:

- 280 l/s nel tratto A'-A'';
- 900 l/s nel tratto BH;
- Intermedia tra i 2 valori nei tratti da A'' a B.

Si riporta, per tale portata, il calcolo delle pendenze caratteristiche delle tubazioni scelte:

D diametro	m	0,2966	0,4708
Ks scabrezza Strickler	$m^{1/3}s^{-1}$	95	95
Q portata	$m^3/s$	0,28	0,9
$y_c$ altezza critica	m	0,2954	0,469
$\beta_c$ angolo al centro corrispondente	rad	1,15	3,02
$A_c$ area bagnata corrispondente	$m^2$	0,194	0,174
$B_c$ larghezza sommitale corrispondente	m	0,912	0,058
$A^3/B-Q^2/g$	$m^5$	5,42E-06	0,008112
$p_c$ perimetro bagnato corrispondente	m	1,15	1,42
$R_c$ raggio idraulico corrispondente	m	0,17	0,12
$V_c$ velocità media corrispondente	m/s	1,44	5,17
$i_c$ pendenza critica		0,0025	0,0487
$R_D$ raggio idraulico per $y=D$	m	0,07415	0,1177
$V_D$ velocità media per $y=D$	m/s	4,05	5,17
$i_D$ pendenza limite		0,0584	0,0513
$y_m$ altezza per portata max a pelo libero	m	0,2788	0,443
$\beta_m$ angolo al centro corrispondente	rad	2,65	2,65
$A_m$ area bagnata corrispondente	$m^2$	0,067	0,170
$p_m$ perimetro bagnato corrispondente	m	0,78	1,25
$R_m$ raggio idraulico corrispondente	m	0,09	0,14
$V_m$ velocità media corrispondente	m/s	4,15	5,30
$i_m$ pendenza minima		0,0505	0,0444

Si ha pertanto:

- per il tratto A'-A'':

- pendenza critica  $i_c$  pari a 2,5%;
- pendenza limite  $i_D$  (pendenza per cui si ha un moto in pressione con altezza piezometrica pari all'altezza della sezione) pari a 5,84%;
- pendenza minima  $i_m$  (pendenza al di sotto della quale il moto non avviene a superficie libera) pari a 5,05%;
- pendenza di fondo circa 19%;
- nella tubazione si ha un moto uniforme con un battente di circa 15 cm;
- la tubazione PVC 315 è di dimensioni sufficienti.

- per il tratto BH:

- pendenza critica  $i_c$  pari a 4,87%;
- pendenza limite  $i_D$  (pendenza per cui si ha un moto in pressione con altezza piezometrica pari all'altezza della sezione) pari a 5,13%;
- pendenza minima  $i_m$  (pendenza al di sotto della quale il moto non avviene a superficie libera) pari a 4,44%;
- pendenza di fondo  $\geq 5,0\%$ ;

- nella tubazione si ha un moto uniforme con un battente di circa 40 cm;
- la tubazione PVC 500 è di dimensioni sufficienti.

Le pendenze del fondo sono elevate pertanto:

- nel tratto senza immissioni B...H si prevede una tubazione senza sbocchi a cielo libero; le ispezioni saranno costituite da pezzi speciali di ispezione con tappo avvitato, saranno poste a valle delle curve e saranno accessibili da camerette 80x80 con chiusino in ghisa;
- alle camerette A'', A''', A''''', A'''''' le tubazioni di monte e valle e gli ingressi saranno poste sul fondo, senza salti, e raccordate con sagomatura a canaletta.

## 4. STATICA TUBAZIONI

### 4.1. TUBAZIONI PVC

Per il calcolo si utilizza la procedura UNIPLAST Progetto E13.08.973.0 Ottobre 2002.

Tale tipologia di tubazioni è prevista su strade; il carico stradale viene ascritto al tipo pesante del prospetto 8 della norma pertanto si prevede un carico riconducibile a 100 kN/ruota, aumentato a 150 kN sulla base degli schemi di carico NTC 2008 capitolo V - Ponti.

Il modulo elastico del terreno viene considerato pari a 1400 kN/m<sup>2</sup>, corrispondente ad un materiale di riempimento a grana grossolana (gruppo 2 del prospetto 10 con meno del 12% di particelle a grana fine), riconducibile alla sabbia vagliata normalmente utilizzata nel settore e scaricata nello scavo senza particolari cautele.

La rigidità del tubo PVC a lungo termine si considera pari a 3,2 kN/m<sup>2</sup>, a fronte di 8 kN/m<sup>2</sup> a breve termine (fonte prof. Papiri negli atti del convegno "Problematiche di gestione delle reti di drenaggio urbano" Brescia 24/5/2001 "Calcoli statici e progetto di norma EN per la posa di tubazioni flessibili").

Si riporta il calcolo dei valori di deformazione percentuale in varie condizioni di carico e alle profondità minime e massime.

diametro tubo	315	315	400	400	450	450	500	500	mm
profondità posa estradosso tubo	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	m
peso specifico terreno	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	kN/m <sup>3</sup>
carico del terreno sul tubo	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	kN/m <sup>2</sup>
coefficiente dinamico per carico mobile	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	
carico massimo per ruota	150	0	150	0	150	0	150	0	kN
carico stradale mobile sul tubo	107,5	0,0	98,5	0,0	93,8	0,0	89,4	0,0	kN/m <sup>2</sup>
rigidità a lungo termine	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	kN/m <sup>2</sup>
modulo di reazione del terreno	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	kN/m <sup>2</sup>
deformazione diametrale percentuale	9,17	1,14	8,50	1,14	8,15	1,14	7,82	1,14	%

In funzione di tali risultati, essendo superato il valore massimo consigliato del 5% si prevede il rivestimento in cls di tutte le tubazioni.



#### 4.2. TUBAZIONI C.A.

La verifica viene effettuata secondo le modalità previste dal D.M. 14 gennaio 2008 integrate con la norma DIN 1072 e la UNI 7517.

Si verifica che:

$$\mu Q_t < k Q_{rc}$$

dove:

- $Q_t$  carichi totali ovalizzanti agenti sulla tubazione
- $Q_{rc}$  resistenza a schiacciamento di collasso del tubo
- $\mu$  fattore di sicurezza pari a 1,5
- $k$  fattore di posa.

La verifica è relativa al tratto lungo 10 m di tubazione da sostituire nell'intervento A7.

Il tracciato è previsto in un terreno agricolo; quali carichi dei sovracarichi mobili, si considera:

- carico concentrato:  $Q_{ik}=150$  kN;
- carico distribuito uniformemente:  $q_{ik}=9$  kN/m<sup>2</sup>.

Si riporta la tabella del calcolo per le profondità di posa minima e massima di 3 e 4 m di rinterro al di sopra della tubazione.

peso specifico terreno	kN/m <sup>3</sup>	19,2	19,2	19,2
H rinterro	m	3	3,5	4
Dn diametro interno	m	1	1	1
H/D	m/m	2,46	2,87	3,28
De diametro esterno	m	1,22	1,22	1,22
B larghezza scavo	m	1,6	1,6	1,6
Q <sub>1</sub> carico rinterro	kN/m	101,53	116,89	132,25
Q <sub>2</sub> carico rinterro trincea larga	kN/m	77,42	89,13	100,84
max Q <sub>1</sub> -Q <sub>2</sub>	kN/m	101,53	116,89	132,25
φ fattore dinamico		1,10	1,09	1,08
carico concentrato	kN	150,0	150,0	150,0
corrispondente Boussinesq	kN/m	10,7	7,7	5,9
pressione DIN 1072	kN/m <sup>2</sup>	23,5	19,1	16,2
corrispondente DIN 1072	kN/m	31,6	25,3	21,2
carico distribuito	kN/m <sup>2</sup>	9,0	9,0	9,0
corrispondente	kN/m	11,0	11,0	11,0
carico acqua	kN/m	7,70	7,70	7,70
Q <sub>t</sub> carichi totali ovalizzanti	kN/m	151,8	160,9	172,2
Q <sub>rc</sub> resistenza a schiacciamento di collasso del tubo	kN/m	135	135	135
coefficiente di posa minimo		1,7	1,8	1,9

Pertanto le tubazioni:

- dovranno garantire una resistenza a schiacciamento secondo UNI 1916 pari a 135 kN/m che, trattandosi di tubazione di diametro nominale DN = 1, è pari alla classe di resistenza 135 kN/m<sup>2</sup>;
- avere una posa con letto in materiale granulare ed un rinterro laterale posato a strati compattati fino alle reni.

## 5. STABILITÀ SCOGLIERA

L'intervento A2 di apertura di 30 m di tratto di RIM 06 tombato prevede le 2 sponde in scogliera di pietra e cls.

Le altezze fuori terra vanno da 1,8 a 2,5 m,  
In allegato 1 la relazione di calcolo strutturale.

## 6. CA CAMERETTE

Per la cameretta A3 si veda l'allegato 1.

Le restanti camerette saranno del tipo prefabbricate con le specifiche riportate nella seguente tabella:

tipologia	specifiche
Camerette c.a. prefabbricato per posa su strada	Norma di riferimento: EN 1917:2004. Condizioni di esercizio: normali. Verifica secondo DM 14/1/2008 NTC di soletta, anelli e elemento di fondo: <ul style="list-style-type: none"><li>- carichi di 1° categoria;</li><li>- schema di carico 1 per sovracarico paragrafo 5.11.3.3.3 delle NTC;</li><li>- schema statico con soletta semplicemente appoggiata.</li></ul>

## 7. AZIONI SUI TERRENI INTERVENTO B

Si valuta e verifica la differenza delle sollecitazioni nel terreno tra lo stato di fatto ante operam e lo stato di progetto che sostituisce ai terreni il sistema di scarico di acque meteoriche costituito da tubazioni e camerette prefabbricate.

La verifica viene effettuata secondo le modalità previste dal D.M. 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC): sono stati considerati i capitoli 5 (ponti stradali) e 6 (opere geotecniche).

Si considera che i carichi agenti in superficie si ripartiscano nei piani sottostanti con un'inclinazione di 45°.

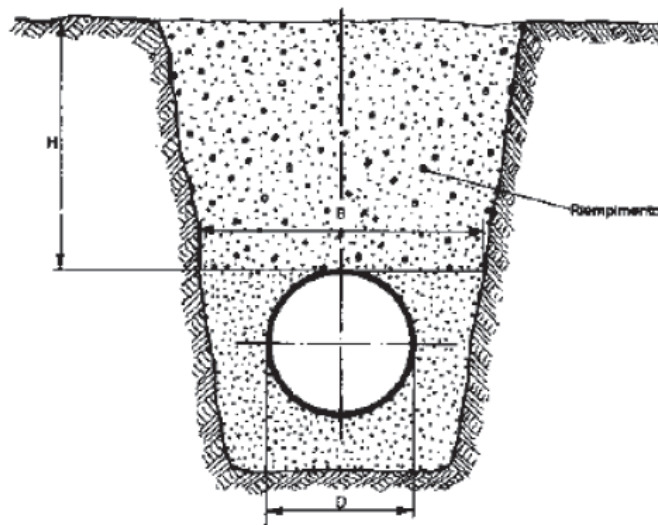
Sulla base della Relazione Geologica:

- si esclude la presenza di acqua di falda alle profondità di progetto;
- si considera quale peso specifico dei terreni  $\gamma=1.700 \text{ kg/m}^3$ .

Le azioni di carico variabili del traffico agente sulle strutture interrato e compressive degli effetti dinamici vengono riferite, per gli impianti su strada, a carichi di 1<sup>a</sup> Categoria secondo lo Schema di Carico 1 del paragrafo 5.11.3.3.3 delle NTC costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti:

- carico per asse:  $Q_{ik}=300 \text{ kN}$ ;
- carico distribuito uniformemente:  $q_{ik}=9 \text{ kN/m}^2$ .

### 7.1. TUBAZIONI



In assenza di carico di superficie, lo sforzo di tensione verticale ad una profondità (H+D):

- nello stato di fatto, è funzione del carico statico del terreno sino ad una profondità H+D:  $\gamma(H+D)$ ;
- nello stato di progetto, è funzione del carico statico del terreno sino ad una profondità H e dell'aggiunta del carico statico della tubazione per unità di superficie:  $\gamma H + \bar{\sigma}_{tub}$ .

Il  $\bar{\sigma}_{tub}$  dei condotti installati, anche pieni di acque è inferiore al valore  $\gamma D$  pertanto le azioni verticali trasmesse al terreno nello stato di progetto sono inferiori a quelle dello stato di fatto.

In presenza di carichi in superficie, con un ragionamento analogo, si hanno sforzi di tensione praticamente uguali nei 2 casi.

## 7.2. CAMERETTE PREFABBRICATE IN CALCESTRUZZO

Sono previste camerette prefabbricate in calcestruzzo armato di pianta quadrata di lato 100 cm sul fondo e la cui profondità H totale è 1,3 m.

In assenza di carico di superficie, lo sforzo di tensione verticale alla profondità H di appoggio della base:

- nello stato di fatto, è funzione del carico statico del terreno sino ad una profondità H:  $\gamma \times H$ ;
- nello stato di progetto, è funzione del carico statico della cameretta:  $\bar{\sigma}_{cam}$ .

Una cameretta da 1,3 m si caratterizza con:

- elemento di fondo del peso di 1.200 kg;
- soletta 1,25x1,25 del peso di 570 kg;
- ghisa del peso di 90 kg;
- asfalto sopra soletta del peso di  $2.000 \text{ kg/m}^3 \times 1,25 \text{ m} \times 1,25 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 312,5 \text{ kg}$ ;
- area di base  $1,25 \text{ m} \times 1,25 \text{ m}$ ;
- $\bar{\sigma}_{cam}$  statico  $2.172,5 \text{ kg} / 1,5625 \text{ m}^2 = 0,14 \text{ kg/cm}^2$

Ante operam alla profondità di 1,3 m si ha almeno uno sforzo verticale pari a  $1,3 \text{ m} \times 1.700 \text{ kg/m}^3 = 0,22 \text{ kg/cm}^2$ .

In assenza di sovraccarico pertanto le azioni verticali trasmesse al terreno nello stato di progetto sono inferiori a quelle dello stato di fatto.

In presenza di carichi di superficie di prima categoria secondo lo schema statico 1 del D.M. 14 gennaio 2008 con diffusione a 45°, gli sforzi di tensione verticale ad una profondità H per la cameretta da 1,3 m:

- nello stato di fatto, sono funzione del carico statico del terreno sino ad una profondità H e del sovraccarico in superficie con ripartizione ai piani sottostanti con un'inclinazione di 45°:  $\gamma H + \bar{\sigma}_{cam} = 0,22 \text{ kg/cm}^2 + (300 \text{ kN} \times 2) / (1,3 + 0,4 + 1,2 + 1,3) / (1,3 + 0,4 + 2 + 1,3) \text{ m}^2 = 0,51 \text{ kg/cm}^2$ ;
- nello stato di progetto sono funzione del carico statico della cameretta e del sovraccarico in superficie la cui combinazione di carico più sfavorevole considera  $Q=150 \text{ kN}$  con un'impronta di 0,40 m agente direttamente sulla cameretta. Il sovraccarico viene trasmesso tramite la cameretta alla profondità di posa:  $0,14 \text{ kg/cm}^2 + (150 \text{ kN} / (1,2 \times 1,2) \text{ m}^2) = 1,04 \text{ kg/cm}^2 = 1,21 \text{ kg/cm}^2$ .

Considerata la relazione geologica, la capacità portante del terreno è superiore alla pressione sollecitante.

In presenza di sovraccarico pertanto le azioni verticali trasmesse al terreno nello stato di progetto, superiori a quelle dello stato di fatto, sono inferiori alla capacità portante.

Palazzolo sull'Oglio, dicembre 2017

Ing. Fabrizio Bellini  
Tel. 030/7402007

**RELAZIONE DI CALCOLO****Normative di riferimento:**

**NTC 2008** - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.

**CIRCOLARE 2 febbraio 2009**, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).

**Calcolo della spinta attiva con Coulomb**

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

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

$$P_t = K_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta  $S_t$  è applicata ad  $1/3 H$  di valore

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

Avendo indicato con:

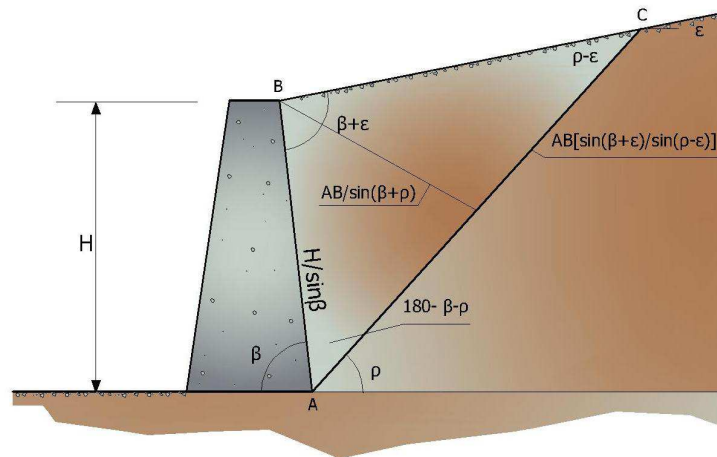
$$K_a = \frac{\sin^2(\beta - \varphi)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

Valori limite di  $K_a$ :

$\delta < (\beta - \varphi - \varepsilon)$  secondo Muller-Breslau

$\gamma_t$       Peso unità di volume del terreno;

- $\beta$       Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;
- $\phi$       Angolo di resistenza al taglio del terreno;
- $\delta$       Angolo di attrito terra-muro;
- $\epsilon$       Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;
- H        Altezza della parete.



Cuneo di rottura usato per la derivazione dell'equazione di Coulomb relativa alla pressione attiva.

### Calcolo della spinta attiva con Rankine

Se  $\epsilon = \delta = 0$  e  $\beta = 90^\circ$  (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta  $S_t$  si semplifica nella forma:

$$S_t = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \frac{(1 - \sin\phi)}{(1 + \sin\phi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale.

In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di  $K_a$  di Rankine si presenta come segue:

$$K_a = \cos \varepsilon \frac{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi}}{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi}}$$

### Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

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

$$\tan \vartheta = \left( \frac{k_h}{1 \pm k_h} \right)$$

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

### Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta_m \cdot \left( \frac{a_{\max}}{g} \right); k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

$\beta_m$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

$a_{\max}$  Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  Accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

S coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica  $S_S$  e di amplificazione topografica  $S_T$ .

$a_g$  accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - PVR)}$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$k_h = \frac{a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S}{g}$$

$a_{gR}$  Accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante;

$\gamma_I$  Fattore di importanza;

S Soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E);

$a_g = a_{gR} \gamma_I$  è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale  $k_v$  è definito in funzione di  $k_h$ , e vale:

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

### Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$



Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica  $Z_c$  come segue:

$$Z_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{K_A}} - \frac{Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}}{\gamma}$$

Dove:

$Q$  = Carico agente sul terrapieno.

Se  $Z_c < 0$  è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_c = P_c \cdot H$$

con punto di applicazione pari a  $H/2$ .

### **Carico uniforme sul terrapieno**

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

$$P_q = K_a \cdot Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

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

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

### Spinta attiva in condizioni sismiche

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

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

Dove:

H	Altezza muro;
$k_v$	Coefficiente sismico verticale;
$\gamma$	Peso per unità di volume del terreno;
K	Coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico);
$E_{ws}$	Spinta idrostatica dell'acqua;
$E_{wd}$	Spinta idrodinamica.

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

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

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

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

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

**Spinta idrostatica**

La falda con superficie distante  $H_w$  dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità  $z$ , sono espresse come segue:

$$P_w(z) = \gamma_w \cdot z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo  $\gamma_t$  con  $\gamma'_t$  ( $\gamma'_t = \gamma_{\text{saturo}} - \gamma_w$ ), peso efficace del materiale immerso in acqua.

**Resistenza passiva**

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\sin^2(\varphi + \beta)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi + \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di  $\delta$  pari a:

$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

L'espressione di  $K_p$  secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}$$

### Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

#### *VESIC - Analisi a breve termine*

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove  $V_d$  è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre  $R_d$  è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto  $R_d$  si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q$$

Dove:

$A' = B'L'$  area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

$c_u$  Coesione non drenata;

$q$  Pressione litostatica totale sul piano di posa;

$s_c$  Fattore di forma;

$s_c = 0.2 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right)$  per fondazioni rettangolari, il valore di  $s_c$  viene assunto pari ad 1 per fondazioni nastriformi

$d_c$  Fattore di profondità;

$d_c = 0.4 \cdot K$  con  $K = \frac{D}{B}$  se  $\frac{D}{B} \leq 1$  altrimenti  $K = \arctan \frac{D}{B}$

$i_c$  Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H;

$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$

$A_f$  Area efficace della fondazione;

$c_a$  Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

### **VESIC - Analisi a lungo termine**

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

### **Fattori di forma**

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) \cdot \tan \varphi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$

per forma rettangolare, quadrata o circolare

**Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'**

$$i_q = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^m$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \varphi'}$$

$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

**Fattori di profondità**

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

con  $K = \frac{D}{B}$  se  $\frac{D}{B} \leq 1$  altrimenti  $K = \arctan \frac{D}{B}$

$$d_\gamma = 1$$

**HANSEN - Analisi a breve termine**

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u (1 + s_c + d_c - i_c) + q$$

Dove:

$A' = B' L'$  area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

$c_u$  Coesione non drenata;

$q$  Pressione litostatica totale sul piano di posa;

$s_c$  Fattore di forma,  $s_c = 0$  per fondazioni nastriformi;

$d_c$  Fattore di profondità;

$$d_c = 0.4 \cdot K \quad \text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$i_c$  Fattore correttivo di inclinazione del carico;

$$i_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$A_f$  Area efficace della fondazione;

$c_a$  Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

### **HANSEN- Analisi a lungo termine**

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

### **Fattori di forma**

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \varphi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1 \quad \text{per fondazione nastroforme}$$

**Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'**

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^5$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

**Fattori di profondità**

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

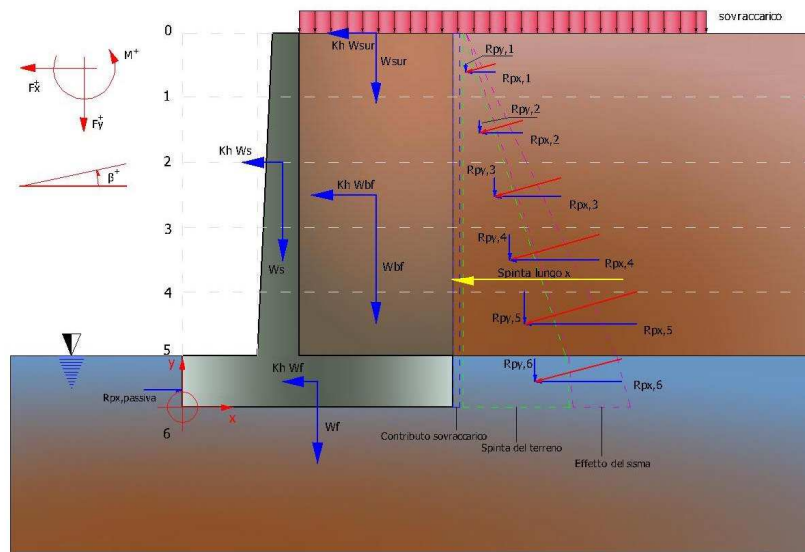
$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

**Sollecitazioni muro**

Per il calcolo delle sollecitazioni il muro è stato discretizzato in n-tratti in funzione delle sezioni significative e per ogni tratto sono state calcolate le spinte del terreno (valutate secondo un piano di rottura passante per il paramento lato monte), le risultanti delle forze orizzontali e verticali e le forze inerziali.





Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni

### Calcolo delle spinte per le verifiche globali

Le spinte sono state valutate ipotizzando un piano di rottura passante per l'estradosso della mensola di fondazione lato monte, tale piano è stato discretizzato in  $n$ -tratti.

### Convenzione segni

- Forze verticali**                      positive se dirette dall'alto verso il basso;
- Forze orizzontali**                    positive se dirette da monte verso valle;
- Coppie**                                    positive se antiorarie;
- Angoli**                                    positivi se antiorari.

**SCOGLIERA H 2,0 m****Dati generali**

Lat./Long. [WGS84]	45,685041/9,973265
Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	SLU (EC2)
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

**Dati generali muro**

Altezza muro	200,0 cm
Spessore testa muro	50,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	99,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	80,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	80,0 cm

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,36	2,43	0,21
S.L.D.	50,0	0,48	2,39	0,23
S.L.V.	475,0	1,27	2,45	0,27
S.L.C.	975,0	1,63	2,49	0,28

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6912	0,18	0,0127	0,0063
S.L.D.	0,9216	0,18	0,0169	0,0085
S.L.V.	2,4384	0,24	0,0597	0,0298
S.L.C.	3,0215	0,24	0,0739	0,037

**Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati**

Peso specifico muro	22 KN/m <sup>3</sup>
Resistenza a compressione di calcolo	9 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	1 N/mm <sup>2</sup>
Copriferro, Elevazione	3,0 cm
Copriferro, Fondazione	3,0 cm
Copriferro, Dente di fondazione	3,0 cm

**Stratigrafia**

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	30	0	16,18	15	0,00	10	No		Terreno vegetale
2	350	0	16,00	22	5,00	17	No		Riempimento

**COMBINAZIONE  
A1+M1+R1 [STR]**

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0597
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0298

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
280,0	250,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	
250,0	240,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	
240,0	200,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	
200,0	160,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	
160,0	120,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	
120,0	80,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
$K_a$	Coefficiente di spinta attiva.
$K_d$	Coefficiente di spinta dinamica.
$D_k$	Coefficiente di incremento dinamico.
$K_{ax}, K_{ay}$	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
$D_{kx}, D_{ky}$	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	$K_a$	$K_d$	$D_k$	$K_{ax}$	$K_{ay}$	$D_{kx}$	$D_{ky}$
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

$Q_i$	Quota inizio strato.
$Q_f$	Quota inizio strato.
$R_{px}, R_{py}$	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
$Z(R_{px})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
$Z(R_{py})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	280,0	250,0	0,31	0,0	260,0	250,0
2	250,0	240,0	0,24	0,0	244,76	240,0
3	240,0	200,0	1,65	0,0	217,78	200,0
4	200,0	160,0	2,75	0,0	178,67	160,0
5	160,0	120,0	3,85	0,0	139,05	120,0
6	120,0	80,0	4,95	0,0	99,26	80,0

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)**

$P_y$	Peso del muro (kN);
$P_x$	Forza inerziale (kN);
$X_p, Y_p$	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	$P_x$	$P_y$	$X_p$	$Y_p$
250,0	0,13	2,14	132,3	270,0
240,0	0,17	2,86	132,3	266,7
200,0	0,34	5,72	132,3	253,3
160,0	0,51	8,58	132,3	240,0
120,0	0,68	11,44	132,3	226,7
80,0	0,85	14,3	132,3	213,3

## Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
250,0	0,44	2,14	-1,18	149,0
240,0	0,72	2,86	-1,53	149,0
200,0	2,54	5,72	-2,54	149,0
160,0	5,46	8,58	-2,57	149,0
120,0	9,48	11,44	-1,19	149,0
80,0	14,6	14,3	2,04	149,0

## VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (150,0/0,0)$

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (150,0/280,1)$

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
280,1	280,0	16,18	5,0	15,0	10,0	0,0	0,0	
280,0	250,0	16,18	5,0	15,0	10,0	0,0	0,0	
250,0	240,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	
240,0	200,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	
200,0	160,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	
160,0	120,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	
120,0	80,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	
80,0	0,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
10,0	0,58	0,66	0,1	0,58	0,1	0,1	0,02
10,0	0,58	0,66	0,1	0,58	0,1	0,1	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	280,1	280,0	0,0	0,0	280,03	280,03
2	280,0	250,0	0,49	0,09	260,03	260,03
3	250,0	240,0	0,05	0,01	244,85	244,75
4	240,0	200,0	0,3	0,07	218,32	217,72
5	200,0	160,0	0,88	0,14	175,74	176,06
6	160,0	120,0	2,01	0,44	138,12	137,4
7	120,0	80,0	3,15	0,79	98,8	98,54
8	80,0	0,0	9,7	2,63	36,88	36,47

## SPINTE IN FONDAZIONE

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
80,0	0,0	16,0	180,0	22,0	17,0	5,0	180,0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
197,0	2,2	-2,1	-0,64

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	80,0	0,0	-22,11	-0,74	33,51	12,62

## Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	16,58	4,17	6,81
Peso muro	0,85	14,3	-17,1
Peso fondazione	4,59	76,92	-56,37
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,02	0,47	-0,66
Spinte fondazione	-22,11	-0,74	-7,41
	<b>-0,06</b>	<b>95,12</b>	<b>-74,72</b>

Momento stabilizzante	-86,8 kNm
Momento ribaltante	12,08 kNm

#### Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	149,00 cm
Eccentricità	14,27 cm
Tensione di compressione	0,02 daN/cm <sup>2</sup>
Tensione di trazione	0,00 N/mm <sup>2</sup>

#### COMBINAZIONE A2+M2+R2 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0597
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0298

#### CALCOLO SPINTE

##### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
280,0	250,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
250,0	240,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
240,0	200,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
200,0	160,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
160,0	120,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
120,0	80,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	

##### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.



$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	280,0	250,0	0,38	0,0	260,0	250,0
2	250,0	240,0	0,29	0,0	244,76	240,0
3	240,0	200,0	2,01	0,0	217,78	200,0
4	200,0	160,0	3,34	0,0	178,67	160,0
5	160,0	120,0	4,68	0,0	139,05	120,0
6	120,0	80,0	6,02	0,0	99,26	80,0

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
250,0	0,1	1,65	132,3	270,0
240,0	0,13	2,2	132,3	266,7
200,0	0,26	4,4	132,3	253,3
160,0	0,39	6,6	132,3	240,0
120,0	0,53	8,8	132,3	226,7
80,0	0,66	11,0	132,3	213,3

## Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
250,0	0,47	1,65	-0,9	149,0
240,0	0,8	2,2	-1,15	149,0
200,0	2,94	4,4	-1,69	149,0
160,0	6,41	6,6	-1,09	149,0
120,0	11,22	8,8	1,18	149,0
80,0	17,37	11,0	5,66	149,0

## VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (150,0/0,0)$

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (150,0/280,1)$

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
280,1	280,0	16,18	5,0	12,1	10,0	0,0	0,0	
280,0	250,0	16,18	5,0	12,1	10,0	0,0	0,0	
250,0	240,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
240,0	200,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
200,0	160,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
160,0	120,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
120,0	80,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
80,0	0,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
10,0	0,65	0,76	0,12	0,64	0,11	0,12	0,02
10,0	0,65	0,76	0,12	0,64	0,11	0,12	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	280,1	280,0	0,0	0,0	280,03	280,03
2	280,0	250,0	0,56	0,1	260,03	260,03
3	250,0	240,0	0,06	0,01	244,86	244,77
4	240,0	200,0	0,52	0,08	215,01	217,71
5	200,0	160,0	1,7	0,33	177,43	175,91
6	160,0	120,0	3,01	0,73	138,55	138,16
7	120,0	80,0	4,32	1,13	98,99	98,82
8	80,0	0,0	12,57	3,46	37,22	36,91

**SPINTE IN FONDAZIONE****Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
$\beta$	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
80,0	0,0	16,0	180,0	17,91	17,0	4,0	180,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 $K_p$  Coefficiente di resistenza passiva.  
 $K_{px}, K_{py}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	$K_p$	$K_{px}$	$K_{py}$
197,0	1,89	-1,81	-0,55

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

$Q_i$  Quota inizio strato.  
 $Q_f$  Quota inizio strato.  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	80,0	0,0	-17,66	-0,84	33,02	14,54

**Sollecitazioni total i**

$F_x$  Forza in direzione x (kN);  
 $F_y$  Forza in direzione y (kN);  
 $M$  Momento (kNm);

	$F_x$	$F_y$	$M$
Spinta terreno	22,75	5,83	10,13
Peso muro	0,66	11,0	-13,15
Peso fondazione	3,53	59,17	-43,36
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,02	0,36	-0,5
Spinte fondazione	-17,66	-0,84	-5,83
	<b>9,3</b>	<b>75,52</b>	<b>-52,72</b>

Momento stabilizzante -70,7 kNm  
 Momento ribaltante 17,99 kNm

**Verifica sezione attacco fondazione**

Larghezza sezione	149,00 cm
Eccentricità	51,49 cm
Tensione di compressione	0,03 N/mm <sup>2</sup>
Eccentricità eccessiv a	

**COMBINAZIONE  
EQU+M2 [GEO+STR]**

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0597
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0298

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
280,0	250,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
250,0	240,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
240,0	200,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
200,0	160,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
160,0	120,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
120,0	80,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	280,0	250,0	0,41	0,0	260,0	250,0
2	250,0	240,0	0,32	0,0	244,76	240,0
3	240,0	200,0	2,18	0,0	217,78	200,0
4	200,0	160,0	3,64	0,0	178,67	160,0
5	160,0	120,0	5,09	0,0	139,05	120,0
6	120,0	80,0	6,55	0,0	99,26	80,0

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)**

Py Peso del muro (kN);  
 Px Forza inerziale (kN);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
250,0	0,09	1,48	132,3	270,0
240,0	0,12	1,98	132,3	266,7
200,0	0,24	3,96	132,3	253,3
160,0	0,35	5,94	132,3	240,0
120,0	0,47	7,92	132,3	226,7
80,0	0,59	9,9	132,3	213,3

**Sollecitazioni sul muro**

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
250,0	0,5	1,48	-0,8	149,0
240,0	0,85	1,98	-1,02	149,0
200,0	3,15	3,96	-1,39	149,0
160,0	6,9	5,94	-0,53	149,0
120,0	12,11	7,92	2,14	149,0
80,0	18,78	9,9	7,19	149,0

## VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (150, 0/0, 0)$   
 Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (150, 0/280, 1)$   
 Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0, 0/0, 0)$

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
280,1	280,0	16,18	5,0	12,1	10,0	0,0	0,0	
280,0	250,0	16,18	5,0	12,1	10,0	0,0	0,0	
250,0	240,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
240,0	200,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
200,0	160,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
160,0	120,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
120,0	80,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
80,0	0,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
10,0	0,65	0,76	0,12	0,64	0,11	0,12	0,02
10,0	0,65	0,76	0,12	0,64	0,11	0,12	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	280,1	280,0	0,0	0,0	280,03	280,03
2	280,0	250,0	0,61	0,09	260,03	260,03
3	250,0	240,0	0,06	0,0	244,86	240,0
4	240,0	200,0	0,54	0,0	214,78	200,7
5	200,0	160,0	1,82	0,19	177,39	173,97
6	160,0	120,0	3,24	0,54	138,54	137,85
7	120,0	80,0	4,66	0,89	98,98	98,69
8	80,0	0,0	13,6	2,81	37,21	36,71

## SPINTE IN FONDAZIONE

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
80,0	0,0	16,0	180,0	17,91	17,0	4,0	180,0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
197,0	1,89	-1,81	-0,55

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	80,0	0,0	-17,66	-0,84	33,02	14,54



**Sollecitazioni total i**

Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	24,52	4,52	13,49
Peso muro	0,59	9,9	-11,84
Peso fondazione	3,18	53,25	-39,03
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,02	0,36	-0,5
Spinte fondazione	-17,66	-0,84	-5,83
	<b>10,66</b>	<b>67,19</b>	<b>-43,7</b>

Momento stabilizzante -62,59 kNm  
 Momento ribaltante 18,89 kNm

**Verifica sezione attacco fondazione**

Larghezza sezione	149,00 cm
Eccentricità	72,67 cm
Tensione di compressione	0,36 N/mm <sup>2</sup>

**SCOGLIERA H 2,5 m****Dati generali**

Lat./Long. [WGS84]	45,685041/9,973265
Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	SLU (EC2)
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

**Dati generali muro**

Altezza muro	250,0 cm
Spessore testa muro	50,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	149,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	80,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	80,0 cm

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,36	2,43	0,21
S.L.D.	50,0	0,48	2,39	0,23
S.L.V.	475,0	1,27	2,45	0,27
S.L.C.	975,0	1,63	2,49	0,28

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6912	0,18	0,0127	0,0063
S.L.D.	0,9216	0,18	0,0169	0,0085
S.L.V.	2,4384	0,24	0,0597	0,0298
S.L.C.	3,0215	0,24	0,0739	0,037

## Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Peso specifico muro	22 KN/m <sup>3</sup>
Resistenza a compressione di calcolo	9 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	1 N/mm <sup>2</sup>
Copriferro, Elevazione	3,0 cm
Copriferro, Fondazione	3,0 cm
Copriferro, Dente di fondazione	3,0 cm

## Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	30	0	16,18	15	0,00	10	No		Terreno vegetale
2	400	0	16,00	22	5,00	17	No		Riempimento

COMBINAZIONE  
A1+M1+R1 [STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0597
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0298

## CALCOLO SPINTE

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
330,0	300,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	
300,0	280,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	
280,0	230,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	
230,0	180,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	
180,0	130,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	
130,0	80,0	18,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0
0,0	0,33	0,37	0,05	0,33	0,0	0,05	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	330,0	300,0	0,31	0,0	310,0	300,0
2	300,0	280,0	0,55	0,0	289,17	280,0
3	280,0	230,0	2,58	0,0	252,22	230,0
4	230,0	180,0	4,3	0,0	203,33	180,0
5	180,0	130,0	6,02	0,0	153,81	130,0
6	130,0	80,0	7,73	0,0	104,07	80,0

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)**

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
300,0	0,13	2,14	182,3	320,0
280,0	0,21	3,57	182,3	313,3
230,0	0,43	7,15	182,3	296,7
180,0	0,64	10,72	182,3	280,0
130,0	0,85	14,3	182,3	263,3
80,0	1,07	17,87	182,3	246,7

## Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
300,0	0,44	2,14	-1,72	199,0
280,0	1,07	3,57	-2,75	199,0
230,0	3,86	7,15	-4,49	199,0
180,0	8,37	10,72	-4,37	199,0
130,0	14,6	14,3	-1,53	199,0
80,0	22,55	17,87	4,88	199,0

## VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (200,0/0,0)$

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (200,0/330,1)$

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
330,1	330,0	16,18	5,0	15,0	10,0	0,0	0,0	
330,0	300,0	16,18	5,0	15,0	10,0	0,0	0,0	
300,0	280,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	
280,0	230,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	
230,0	180,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	
180,0	130,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	
130,0	80,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	
80,0	0,0	16,0	0,0	22,0	17,0	5,0	0,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
10,0	0,58	0,66	0,1	0,58	0,1	0,1	0,02
10,0	0,58	0,66	0,1	0,58	0,1	0,1	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02
17,0	0,4	0,45	0,06	0,38	0,12	0,06	0,02

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	330,1	330,0	0,0	0,0	330,03	330,03
2	330,0	300,0	0,49	0,09	310,03	310,03
3	300,0	280,0	0,11	0,02	289,44	289,13
4	280,0	230,0	0,54	0,11	249,98	252,16
5	230,0	180,0	1,98	0,39	201,26	199,29
6	180,0	130,0	3,75	0,94	153,03	152,58
7	130,0	80,0	5,53	1,48	103,66	103,47
8	80,0	0,0	12,54	3,49	37,58	37,35

**SPINTE IN FONDAZIONE****Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
$\beta$	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
80,0	0,0	16,0	180,0	22,0	17,0	5,0	180,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 $K_p$  Coefficiente di resistenza passiva.  
 $K_{px}, K_{py}$  Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	$K_p$	$K_{px}$	$K_{py}$
197,0	2,2	-2,1	-0,64

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

$Q_i$  Quota inizio strato.  
 $Q_f$  Quota inizio strato.  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	80,0	0,0	-22,11	-0,74	33,51	12,62

**Sollecitazioni total i**

$F_x$  Forza in direzione x (kN);  
 $F_y$  Forza in direzione y (kN);  
 $M$  Momento (kNm);

	$F_x$	$F_y$	$M$
Spinta terreno	24,95	6,52	10,34
Peso muro	1,07	17,87	-29,95
Peso fondazione	6,98	116,9	-120,2
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,03	0,59	-1,11
Spinte fondazione	-22,11	-0,74	-7,41
	<b>10,91</b>	<b>141,14</b>	<b>-148,33</b>

Momento stabilizzante -175,02 kNm  
 Momento ribaltante 26,69 kNm

**Verifica sezione attacco fondazione**

Larghezza sezione	199,00 cm
Eccentricità	27,32 cm
Tensione di compressione	0,02 daN/cm <sup>2</sup>
Tensione di trazione	0,00 N/mm <sup>2</sup>

**COMBINAZIONE  
A2+M2+R2 [GEO+STR]**

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0597
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0298

**CALCOLO SPINTE****Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
330,0	300,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
300,0	280,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
280,0	230,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
230,0	180,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
180,0	130,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
130,0	80,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);



	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	330,0	300,0	0,38	0,0	310,0	300,0
2	300,0	280,0	0,67	0,0	289,17	280,0
3	280,0	230,0	3,13	0,0	252,22	230,0
4	230,0	180,0	5,22	0,0	203,33	180,0
5	180,0	130,0	7,31	0,0	153,81	130,0
6	130,0	80,0	9,4	0,0	104,07	80,0

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)**

Py      Peso del muro (kN);  
Px      Forza inerziale (kN);  
Xp, Yp    Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
300,0	0,1	1,65	182,3	320,0
280,0	0,16	2,75	182,3	313,3
230,0	0,33	5,5	182,3	296,7
180,0	0,49	8,25	182,3	280,0
130,0	0,66	11,0	182,3	263,3
80,0	0,82	13,75	182,3	246,7

**Sollecitazioni sul muro**

Quota    Origine ordinata minima del muro (cm).  
Fx      Forza in direzione x (kN);  
Fy      Forza in direzione y (kN);  
M      Momento (kNm);  
H      Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
300,0	0,47	1,65	-1,31	199,0
280,0	1,21	2,75	-2,05	199,0
230,0	4,51	5,5	-2,94	199,0
180,0	9,9	8,25	-1,64	199,0
130,0	17,37	11,0	2,91	199,0
80,0	26,94	13,75	11,75	199,0

## VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (200, 0/0, 0)$   
 Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (200, 0/330, 1)$   
 Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0, 0/0, 0)$

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
330,1	330,0	16,18	5,0	12,1	10,0	0,0	0,0	
330,0	300,0	16,18	5,0	12,1	10,0	0,0	0,0	
300,0	280,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
280,0	230,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
230,0	180,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
180,0	130,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
130,0	80,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
80,0	0,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
10,0	0,65	0,76	0,12	0,64	0,11	0,12	0,02
10,0	0,65	0,76	0,12	0,64	0,11	0,12	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	330,1	330,0	0,0	0,0	330,03	330,03
2	330,0	300,0	0,56	0,1	310,03	310,03
3	300,0	280,0	0,14	0,03	289,48	289,18
4	280,0	230,0	1,13	0,18	248,04	247,87
5	230,0	180,0	3,15	0,72	202,29	201,39
6	180,0	130,0	5,2	1,35	153,36	153,06
7	130,0	80,0	7,24	1,97	103,82	103,68
8	80,0	0,0	15,85	4,46	37,8	37,6

**SPINTE IN FONDAZIONE****Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
80,0	0,0	16,0	180,0	17,91	17,0	4,0	180,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
197,0	1,89	-1,81	-0,55

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	80,0	0,0	-17,66	-0,84	33,02	14,54

**Sollecitazioni total i**

Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	33,26	8,81	15,18
Peso muro	0,82	13,75	-23,04
Peso fondazione	5,37	89,92	-92,46
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,03	0,45	-0,84
Spinte fondazione	-17,66	-0,84	-5,83
	<b>21,82</b>	<b>112,08</b>	<b>-107,0</b>

Momento stabilizzante -142,22 kNm  
 Momento ribaltante 35,22 kNm

**Verifica sezione attacco fondazione**

Larghezza sezione	199,00 cm
Eccentricità	85,48 cm
Tensione di compressione	0,07 N/mm <sup>2</sup>
Eccentricità eccessiv a	

**COMBINAZIONE  
EQU+M2 [GEO+STR]**

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0597
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0298

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
330,0	300,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
300,0	280,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
280,0	230,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
230,0	180,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
180,0	130,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	
130,0	80,0	18,0	0,0	24,79	0,0	0,0	0,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0
0,0	0,41	0,45	0,06	0,41	0,0	0,06	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	330,0	300,0	0,41	0,0	310,0	300,0
2	300,0	280,0	0,73	0,0	289,17	280,0
3	280,0	230,0	3,41	0,0	252,22	230,0
4	230,0	180,0	5,68	0,0	203,33	180,0
5	180,0	130,0	7,96	0,0	153,81	130,0
6	130,0	80,0	10,23	0,0	104,07	80,0

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)**

Py      Peso del muro (kN);  
Px      Forza inerziale (kN);  
Xp, Yp    Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
300,0	0,09	1,48	182,3	320,0
280,0	0,15	2,47	182,3	313,3
230,0	0,3	4,95	182,3	296,7
180,0	0,44	7,42	182,3	280,0
130,0	0,59	9,9	182,3	263,3
80,0	0,74	12,37	182,3	246,7

**Sollecitazioni sul muro**

Quota    Origine ordinata minima del muro (cm).  
Fx      Forza in direzione x (kN);  
Fy      Forza in direzione y (kN);  
M      Momento (kNm);  
H      Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
300,0	0,5	1,48	-1,17	199,0
280,0	1,28	2,47	-1,81	199,0
230,0	4,84	4,95	-2,39	199,0
180,0	10,67	7,42	-0,59	199,0
130,0	18,78	9,9	4,72	199,0
80,0	29,16	12,37	14,67	199,0

## VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (200, 0/0, 0)$   
 Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (200, 0/330, 1)$   
 Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0, 0/0, 0)$

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
330,1	330,0	16,18	5,0	12,1	10,0	0,0	0,0	
330,0	300,0	16,18	5,0	12,1	10,0	0,0	0,0	
300,0	280,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
280,0	230,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
230,0	180,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
180,0	130,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
130,0	80,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	
80,0	0,0	16,0	0,0	17,91	17,0	4,0	0,0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
10,0	0,65	0,76	0,12	0,64	0,11	0,12	0,02
10,0	0,65	0,76	0,12	0,64	0,11	0,12	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02
17,0	0,46	0,52	0,07	0,44	0,14	0,07	0,02

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	330,1	330,0	0,0	0,0	330,03	330,03
2	330,0	300,0	0,61	0,09	310,03	310,03
3	300,0	280,0	0,14	0,0	289,48	280,0
4	280,0	230,0	1,19	0,05	247,82	237,37
5	230,0	180,0	3,38	0,51	202,26	200,58
6	180,0	130,0	5,61	1,05	153,35	152,85
7	130,0	80,0	7,83	1,6	103,82	103,58
8	80,0	0,0	17,16	3,68	37,79	37,49

## SPINTE IN FONDAZIONE

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
80,0	0,0	16,0	180,0	17,91	17,0	4,0	180,0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
197,0	1,89	-1,81	-0,55

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	80,0	0,0	-17,66	-0,84	33,02	14,54



**Sollecitazioni total i**

Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	35,91	6,98	21,32
Peso muro	0,74	12,37	-20,73
Peso fondazione	4,83	80,93	-83,22
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,03	0,45	-0,84
Spinte fondazione	-17,66	-0,84	-5,83
	<b>23,85</b>	<b>99,89</b>	<b>-89,3</b>

Momento stabilizzante -126,2 kNm  
 Momento ribaltante 36,9 kNm

**Verifica sezione attacco fondazione**

Larghezza sezione	199,00 cm
Eccentricità	118,57 cm

**INDICE**

<b>1.</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>IPOTESI DI CALCOLO .....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>PARETE LATERALE.....</b>	<b>2</b>
<b>3.1.</b>	<b>VERIFICA A FLESSIONE.....</b>	<b>2</b>
<b>3.2.</b>	<b>VERIFICA A PRESSOFLESSIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>STRUTTURA DI FONDAZIONE.....</b>	<b>6</b>
<b>4.1.</b>	<b>PRESSIONI DEL TERRENO .....</b>	<b>6</b>
<b>4.2.</b>	<b>FONDAZIONE .....</b>	<b>6</b>

## 1. GENERALITÀ

La presente relazione tecnica verifica le sollecitazioni a cui sono soggette le strutture della cameretta in calcestruzzo armato A3 prevista in sede stradale.

La verifica viene effettuata secondo le modalità previste dal D.M. 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC): sono stati considerati i capitoli 5 (ponti stradali) e 6 (opere geotecniche).

### Dimensioni

La struttura considerata ha le seguenti dimensioni:

- Pianta rettangolare: 200 cm x 240 cm;
- Profondità della cameretta rispetto al piano stradale: 300 cm;
- Spessore delle pareti in c.a.: 20 cm;
- Copriferro: 4 cm;
- Coperchio di chiusura in c.a. prefabbricato CE.MA: 200 cm x 240 cm x 20 cm

### Materiali impiegati per il c.a. in opera

Calcestruzzo C 25/30:  $f_{ck} = 25$  MPa

Acciaio FeB450C:  $f_{yd} = 391$  MPa

## 2. IPOTESI DI CALCOLO

Sulla base della Relazione Geologica si esclude la presenza di acqua di falda alle profondità di progetto del sistema di scarico di acque reflue urbane.

Il terreno si considera con caratteristiche  $\gamma=1.800$  Kg/m<sup>3</sup>;  $\phi=30^\circ$  e  $K_a = 1/3$

Viene effettuata un'analisi pseudo statica in cui viene presa in considerazione l'azione sismica agente sulla parete della cameretta e derivante dal peso proprio e dal carico del terreno quale quota parte del rispettivo carico come descritto al capitolo 7.11.6.2.1 delle NTC.

Quali azioni accidentali si prendono in considerazione le azioni di carico variabili derivanti dal traffico e compressive degli effetti dinamici definito con carichi di 1a Categoria secondo lo Schema di Carico 1 del paragrafo 5.11.3.3.3 delle NTC costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti:

- carico per asse:  $Q_{ik}=300$  kN;
- carico distribuito uniformemente:  $q_{ik}=9$  kN/m<sup>2</sup>.

Per le presenti valutazioni sono stati utilizzati i seguenti software di calcolo FREE:

- SIMQKE\_GR
- 1CAMP
- VcaSlu

## 3. PARETE LATERALE

### 3.1. VERIFICA A FLESSIONE

#### Schema statico

Per il calcolo delle azioni interne è stata effettuata, a favore di sicurezza, una semplificazione a trave (con sezione  $b \times h = 100$  cm x 20 cm) semplicemente appoggiata sia alla quota di fondazione ( $H=-3$ m) sia al piano stradale ( $H=0$ m).

I carichi sollecitanti sono:

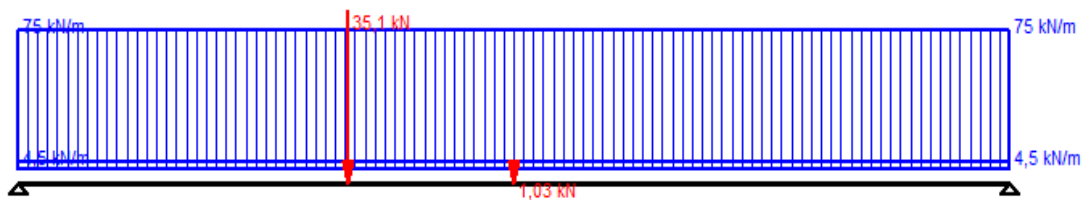
- a) spinta del terreno semplificata come spinta concentrata agente alla profondità di 2 m ( $H/3$ ) è pari a:  $P_a = 1/2 \gamma H^2 K_a = 2.700$  kg/m

- b) forza sismica concentrata di calcolo allo SLV esercitata dal terrapieno sulla parete della cameretta secondo la formula (E.1) della UNI EN 1998-5 e agente a metà dell'altezza del muro come definito al punto (4)P del capitolo 7.3.2.3 della UNI EN 1998-5 è pari a  $P_s = 1/2\gamma H^2 K_a (k_v) = 103 \text{ kg/m}$
- c) spinta distribuita lateralmente derivante dal carico concentrato di un'impronta di pneumatico in superficie  $Q_{ik1} = 150 \text{ kN}$  è pari a  $P_c = Q_{ik1}/H = 5.000 \text{ kg/m}^2$
- d) spinta distribuita lateralmente derivante dal carico distribuito uniformemente in superficie  $q_{ik} = 9 \text{ kN/m}^2$  è pari a  $P_d = q_{ik} K_a = 300 \text{ kg/m}^2$

Considerando i coefficienti amplificativi di capitolo 2.6 delle N.T.C. i carichi considerati sono:

- a)  $P_{aa} = 1,3 P_a = 3.510 \text{ kg/m}$
- b)  $P_{sa} = P_s = 103 \text{ kg/m}$
- c)  $P_{ca} = 1,5 P_c = 7.500 \text{ kg/m}^2$
- d)  $P_{da} = 1,5 P_d = 450 \text{ kg/m}^2$

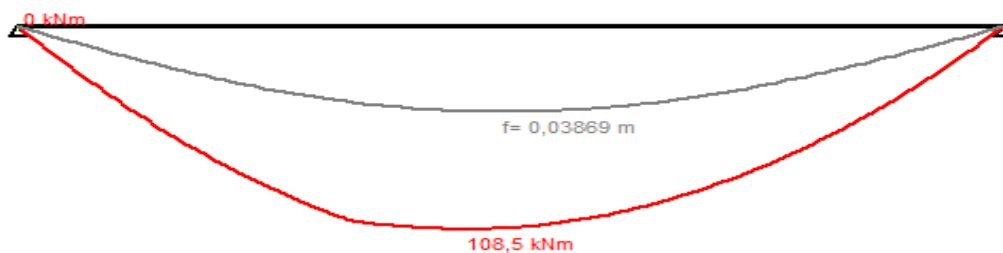
Nel seguito si rappresenta lo schema statico e i carichi applicati considerando che l'estremo di sx coincide con la profondità  $H = 3 \text{ m}$  e l'estremo di dx con il piano stradale.



#### Azioni sollecitanti e Azioni resistenti

##### *Momento*

Per unità di parete laterale della cameretta si deducono il seguente andamento del Momento e la massima freccia teorica in cui l'estremo di sx coincide con la profondità  $H = 3 \text{ m}$  e l'estremo di dx con il piano stradale:



L'azione di  $M_{max} = 108,5 \text{ kNm}$  si ha alla profondità di  $1,65 \text{ m}$ .

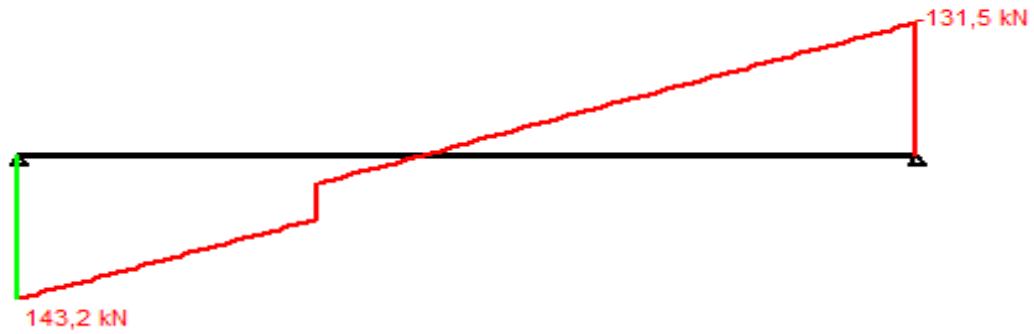
In corrispondenza del  $M_{max}$ , l'armatura necessaria risulta essere  $\geq 1927 \text{ mm}^2$ .

Si prevedono  $10 \phi 16/\text{m}$  con un'armatura di  $A_s = 2010 \text{ mm}^2$  per un  $M_{res} = 113,2 \text{ kNm}$

A favore di sicurezza rispetto ai vincoli di appoggio si prevede un'armatura al negativo corrispondente a quella determinata per il momento massimo in mezz'aria dell'asta semplicemente appoggiata ( $1 \phi 16/10\text{cm}$ )

##### *Taglio*

Per unità di parete laterale della cameretta si deducono il seguente andamento del Taglio in cui l'estremo di sx coincide con la profondità  $H = 3 \text{ m}$  e l'estremo di dx con il piano stradale:



Per ogni sezione per complessivi 6 bracci/m sono presenti staffe o spilli  $\phi 8/20\text{cm}$  con infittimento a passo 10 cm alle estremità per 1 m.

La verifica di resistenza al taglio allo SLU è stata eseguita secondo il capitolo 4.1.2.1.3.2 delle N.T.C. come di seguito verificato:

Sezione	$A_{st}$ [mm <sup>2</sup> ]	d [mm]	b [mm]	$\Delta x$ [mm]	$f_{cd}$ [MPa]	$f_{yd}$ [MPa]	$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
A: H=3m	300	160	1000	100	14,2	391	143	169	510
B: H=0m	300			100			131		

### 3.2. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

In seguito viene presentata la verifica a pressoflessione della parete laterale della cameretta soggetta oltre ai carichi presentati nel capitolo precedente anche al carico verticale assiale  $Q_{ik}=300$  kN (amplificato di un fattore 1,5) derivante da un asse del carico tandem come definito nel capitolo 5.1.3.3.3 delle N.T.C: pertanto, la combinazione di carico considerata a favore di sicurezza, prevede l'applicazione di un asse del veicolo direttamente in asse alla parete della cameretta e il secondo asse al di fuori dell'impronta della cameretta generando il carico studiato nel capitolo precedente.

Oltre al carico assiale derivante dall'asse del tandem amplificato si considera il peso proprio della sezione unitaria della parete della cameretta amplificato di un fattore 1,3 ( $P_p = 15$  kN)

La verifica viene sintetizzata come segue:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica SLU parete cameretta

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** Verifica M-N - SLU parete cameretta

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	240	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	48,25	4
2	48,25	16

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

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

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

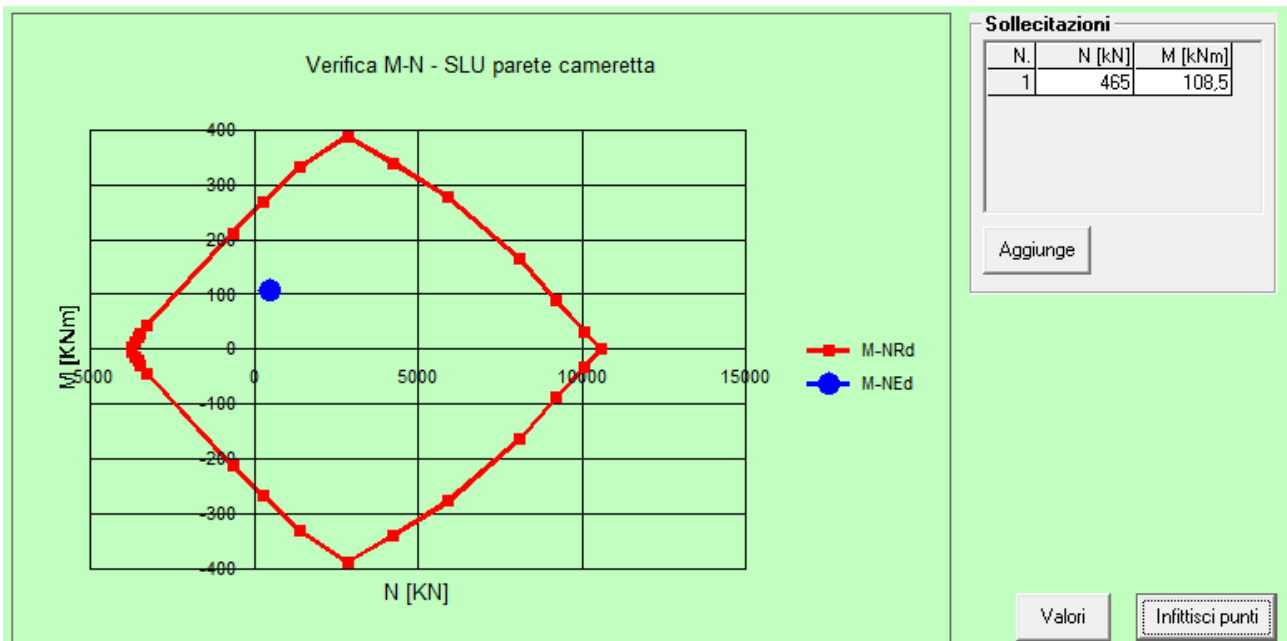
**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**Materiali**  
   
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    $\tau_{c1}$

**Lato calcestruzzo - Acciaio snervato**  
 $M_{xRd}$   kNm  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 $x$    $x/d$    
 $\delta$

N° rett.   
   
 $L_0$   cm   
 Precompresso

La verifica risulta soddisfatta come testimonia il dominio M-N di seguito riportato.



#### 4. STRUTTURA DI FONDAZIONE

Per la verifica della struttura di fondazione viene considerato, a favore di sicurezza, lo schema di carico 1 con un carico mobile di 1° Categoria di impronta complessiva 1,2 m x 2 m agente interamente sulla superficie della cameretta di 2m x 2,4 m. il carico trasmesso alla fondazione sarà pari complessivamente a  $Q_{tot} = 2 Q_{ik} = 600$  kN.

La struttura di fondazione ha dimensioni 280 cm x 240 cm x 20 cm.

Per la verifica della struttura di fondazione è stata considerato, a favore di sicurezza:

1. Per il calcolo delle pressioni del terreno, il caso in cui l'intero tandem agisca sulla cameretta;
2. Per il calcolo delle azioni interne della fondazioni, il caso in cui il carico tandem agisca con un asse in asse con una parete della cameretta e con il secondo come sovraccarico agente sul terreno.

##### 4.1. PRESSIONI DEL TERRENO

I carichi sollecitanti considerati sono:

- a) peso proprio del manufatto complessivo in c.a.:  $P_p = 115$  kN
- b) carico concentrato di un tandem di carico:  $Q_{tot} = 2 Q_{ik} = 600$  kN
- c) peso dell'acqua contenuta con un riempimento massimo:  $P_h = 32$  kN

Considerando i coefficienti amplificativi di capitolo 2.6 delle N.T.C. i carichi considerati sono:

- a)  $P_{pa} = 1,3 P_p = 149,5$  kN
- b)  $Q_{tota} = 1,5 Q_{tot} = 900$  kN
- c)  $P_{ha} = 1,5 P_h = 48$  kN

##### Azioni sollecitanti e Azioni resistenti

Le pressioni sul terreno risultano pari a:  $\sigma = P_{tot}/A_{tot} = 1097,5 \text{ kN} / 6,72 \text{ m}^2 = 0,164 \text{ MPa}$

##### 4.2. FONDAZIONE

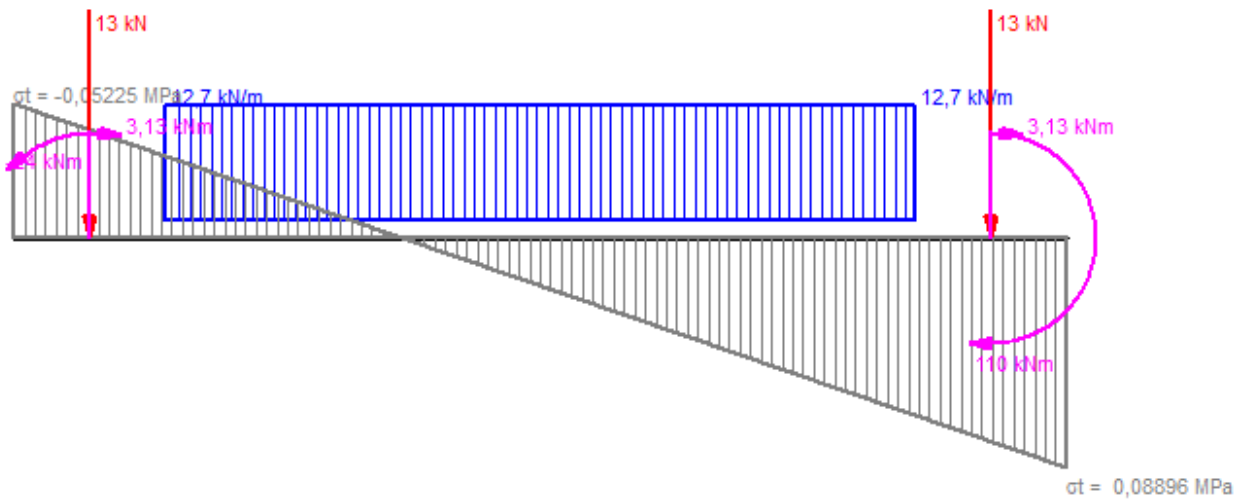
Considerando una schematizzazione a trave di larghezza unitaria, i carichi agenti considerati sono:

- a) in corrispondenza di una connessione parete-fondazione, considerando a favore di sicurezza per la presente valutazione, uno schema statico con vincolo di incastro alla profondità di 3 m e con i carichi sollecitanti equivalenti a quelli descritti nel capitolo 3.1, si ottiene un momento sollecitante all'incastro a profondità di  $H=3$  m di  $M_{inc2} = 110$  kNm/m
- b) in corrispondenza della seconda connessione parete-fondazione, considerando a favore di sicurezza uno schema statico con vincolo di incastro alla profondità di 3 m, il carico sollecitante (tenendo conto dell'ipotesi pt 2 del capitolo 4) è rappresentato dalla spinta del terreno: il momento alla base ottenuto (carichi a) e b) di capitolo 3.1) è pari a:  $M_{inc1} = 24$  kNm/m
- c) forza sismica di calcolo allo SLV derivante dalle forze d'inerzia della cameretta considerata come forza concentrata agente a metà dell'altezza del muro è pari a  $P_s = S_d \times g \times P_p = 10$  kN e pertanto un momento alla base per unità di lunghezza pari a  $M_s = 3,13$  kNm/m
- d) peso proprio del manufatto complessivo in c.a.  $P_p = 115$  kN considerato uniformemente trasmesso in fondazione da tutte le pareti laterali (considerando una distribuzione ai piani inferiori a 45°)  $P_{pd} = 13$  kN/m
- e) peso dell'acqua contenuta con un riempimento massimo  $P_p = 32$  kN considerato uniformemente distribuito sulla superficie di base con una pressione  $P_{pd} = 12,7$  kN/m<sup>2</sup>

Considerando i coefficienti amplificativi di capitolo 2.6 delle N.T.C. i carichi considerati sono:

- d)  $P_{pda} = 1,3 P_{pd} = 16,9$  kN
- e)  $P_{pda} = 1,5 P_{pd} = 19,1$  kN

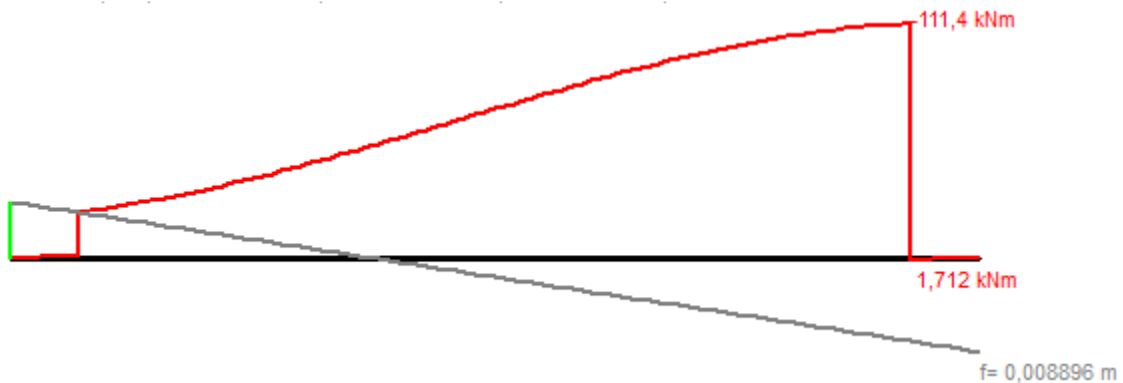
Nel seguito si rappresenta lo schema statico e i carichi agenti per unità di fondazione.



Verifica a flessione

*Momento*

Per unità di parete laterale della cameretta si deducono il seguente andamento del Momento e la massima freccia teorica:



L'azione di  $M_{max} = 111,4 \text{ kNm}$ .

In corrispondenza del  $M_{max}$ , l'armatura necessaria risulta essere  $\geq 1984 \text{ mm}^2$ .

Si prevedono  $10 \phi 16/m$  con un'armatura di  $A_s = 2010 \text{ mm}^2$  per un  $M_{res} = 113,2 \text{ kNm}$

Verifica a punzonamento

In corrispondenza della parete, si verifica che il carico massimo  $N_{par}$  agente sulla parte sottostante una parete sia inferiore alla tensione limite a trazione delle barre di acciaio introdotte con inclinazione pari a  $45^\circ$ :

$$N_{par} = P_{tot}/4 = 1097,5 \text{ kN} / 4 = 275 \text{ kN}$$

$$A_s = N_{par} / (f_{yd} \times \sin 45^\circ) = 995 \text{ mm}^2$$

Si prevedono  $9 \phi 12/(parete)$  con un'armatura di  $A_s = 1018 \text{ mm}^2$  sagomati come in ALLEGATO.

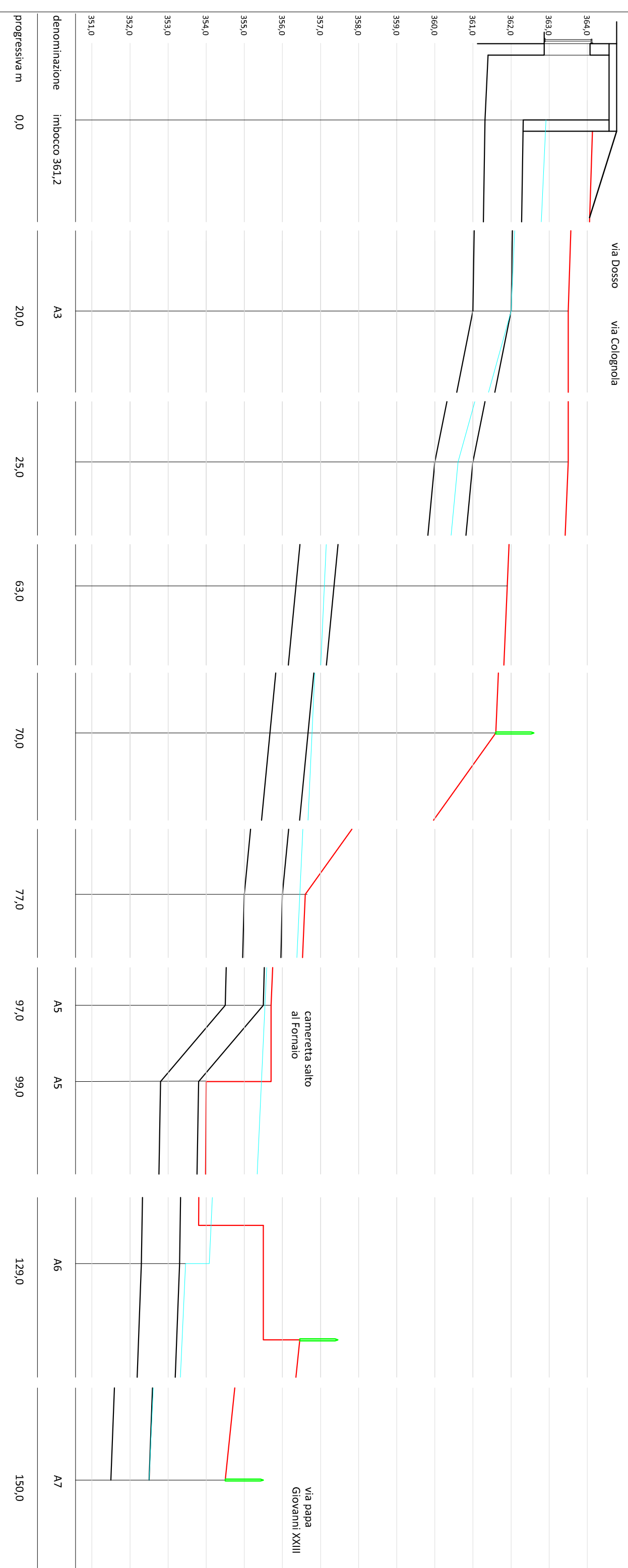
Palazzolo sull'Oglio, 25/10/2017

Ing. Fabrizio Bellini  
Tel. 030/7402007





cameretta imbocco  
361,2 mslm



**TAV 1: profilo idraulico tubazione cls 1000 da imbocco 361,2 in A2 alla cameretta A7 in via Papa Giovanni XXIII - scala 1:100**

