

**COMUNE DI SANT'ANGELO MUXARO**  
**PROVINCIA AGRIGENTO**

*LAVORI DI COMPLETAMENTO IMPIANTO DI DEPURAZIONE*

-----  
Progettazione Esecutiva Strutturale

**RELAZIONE GENERALE**  
**SUI CALCOLI STATICI E SUI MATERIALI**

Sommario

<b>1 - RELAZIONE GENERALE .....</b>	<b>3</b>
1.1 - DICHIARAZIONE CONGIUNTA COMMITTENTE-PROGETTISTA.....	3
1.2 - DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE .....	3
1.3 - PRESTAZIONI ATTESE DELLA COSTRUZIONE .....	4
1.4 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
1.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	5
1.6 - RELAZIONE SULLE FONDAZIONI .....	6
1.7 - RELAZIONE SUI MATERIALI .....	7
1.8 - CARICHI E SOVRACCARICHI .....	8
<b>2 - CALCOLO MURI IN C.A. ....</b>	<b>9</b>
2.1 - INTRODUZIONE AL CALCOLO .....	9
2.2 - MURO TIPO 1 ( $H \leq 5,20$ M) .....	17
2.3 - MURO TIPO 2 ( $H \leq 3,50$ M) .....	54
<b>3 - VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE MURI IN C.A. ....</b>	<b>91</b>
3.1 - INTRODUZIONE AL CALCOLO.....	91
3.2 - MURO TIPO 1 .....	94
3.3 - MURO TIPO 2 .....	100
<b>4 – PIANO DI MANUTENZIONE MURI IN C.A.....</b>	<b>105</b>
4.1 - MANUALE D'USO .....	105
4.2 - MANUALE DI MANUTENZIONE .....	106
4.3 - PROGRAMMA DI MANUTENZIONE.....	108
<b>5 - CALCOLO MURI IN GABBIONI.....</b>	<b>110</b>
5.1 - GENERALITÀ .....	110
5.2 - MURO IN GABBIONI TIPO 1 ( $H \leq 4,00$ M) .....	114
5.3 - MURO IN GABBIONI TIPO 2 ( $H = 3,00$ M) .....	124
<b>6 – PIANO DI MANUTENZIONE GABBIONI .....</b>	<b>134</b>
6.1 - MANUALE D'USO .....	134
6.2 - MANUALE DI MANUTENZIONE .....	135
6.3 - PROGRAMMA DI MANUTENZIONE.....	137

<b>8 - INTERVENTI LOCALI DI RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO.....</b>	<b>138</b>
8.1 - INTRODUZIONE .....	138
8.2 - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA USARE NEGLI INTERVENTI .....	142
8.3 - CALCOLO ARMATURA INTEGRATIVA PARETI INTERNE VASCA .....	144
8.4 - CALCOLO SOTTOFONDAZIONE POZZETTO FANGHI.....	145
8.4.1 - INTRODUZIONE AL CALCOLO.....	145
8.4.2 - CONDIZIONI STATICHE .....	146
8.4.3 - CONDIZIONI SISMICHE .....	147
8.4.4 - CARICO SUL PALO .....	148
8.4.5 - CARICO SULLA TRAVE DI COLLEGAMENTO PALI .....	148
8.4.6 - DIMENSIONAMENTO PALO .....	149
8.7.7 - DIMENSIONAMENTO TRAVE DI COLLEGAMENTO PALI .....	155
<b>9 – PIANO DI MANUTENZIONE INTERVENTI .....</b>	<b>167</b>
9.1 - MANUALE D'USO .....	167
9.2 - MANUALE DI MANUTENZIONE .....	171
9.3 - PROGRAMMA DI MANUTENZIONE.....	178

## Allegato

Prova a compressione su carote di calcestruzzo - Certificato Ufficiale n°8704 del 14/04/2015

## **1 - RELAZIONE GENERALE**

### ***1.1 - DICHIARAZIONE CONGIUNTA COMMITTENTE-PROGETTISTA***

I sottoscritti dott. ing.. VINCENZO RIZZO nella qualità di progettista delle strutture e geom. PIETRO SPOTO nella qualità di dirigente del settore tecnico del Comune di Sant'Angelo Muxaro, al fine di adempiere agli obblighi previsti dal D.M. 14.01.2008 e s.m. ed i., dichiarano sotto la propria responsabilità quanto riportato nella presente relazione generale.

### ***1.2 - DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE***

Gli interventi, di cui all'oggetto riguardano la realizzazione di nuove opere, con funzioni prettamente geotecnico-strutturale, da realizzarsi nell'area dell'impianto depurativo per la sistemazione dell'area esterna (piazzale prospiciente l'edificio), ed una serie di interventi locali atti al risanamento e/o consolidamento dei manufatti esistenti, la cui descrizione è rimandata successivo capitolo 8.

In particolare, per le nuove opere si prevede la realizzazione di:

- a) un muro di contenimento (denominato nelle calcolazioni "Muro tipo 1") al fine di realizzare una strada di accesso carrabile che dalla strada permette di raggiungere tutti i manufatti edili per le operazioni di gestione e manutenzione dell'impianto di depurazione. Tale muro sarà realizzato in c.a. su pali Ø600, avrà uno sviluppo longitudinale di circa 30,00 m. ed avrà un'altezza massima riferita al piazzale di 5,20 m., sul quale insisterà un parapetto con altezza di 1,00 m. che costituirà il muro di recinzione;
- b) un muro di contenimento (denominato nelle calcolazioni "Muro tipo 2") al fine di realizzare la chiusura del piazzale antistante i manufatti edili per le operazioni di gestione e manutenzione dell'impianto di depurazione. Tale muro sarà realizzato in c.a. su pali Ø500, avrà uno sviluppo longitudinale di circa 10,00 m. ed avrà un'altezza massima riferita al piazzale di 3,50 m., sul quale insisterà un parapetto con altezza di 1,00 m. che costituirà il muro di recinzione;
- c) un muro di contenimento (denominato nelle calcolazioni "Gabbioni tipo 1") al fine di realizzare la sistemazione della stradella comunale a nord dell'impianto di depurazione. Tale muro sarà realizzato con gabbioni metallici in scatola con riempimento di pietrame, ed avrà un'altezza massima di 4,00 m;
- d) un muro di contenimento (denominato nelle calcolazioni "Gabbioni tipo 2") al fine di realizzare la sistemazione del terreno subito a valle della vasca dei trattamenti biologici.

Tale muro sarà realizzato con gabbioni metallici in scatola con riempimento di pietrame, ed avrà un'altezza massima di 3,00 m;

### **1.3 - PRESTAZIONI ATTESE DELLA COSTRUZIONE**

Per le opere in progetto si è presa in considerazione la Classe II con una vita di servizio di 50 anni in quanto, le opere saranno realizzate in contesti senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali, inoltre il depuratore sarà interessato dalle sole persone che avranno la gestione dell'impianto e l'area risulta circondata da zone a destinazione agricola.

Le verifiche sono state eseguite secondo quanto stabilito dalle norme in zona sismica in base alla posizione geografica del sito; le strutture ed elementi strutturali soddisfano i requisiti di:

- sicurezza nei confronti degli SLU di tipo geotecnico (**GEO**)
- sicurezza nei confronti degli SLU di equilibrio di corpo rigido (**EQU**)
- sicurezza nei confronti degli SLU di tipo strutturale (**STR**)

Le verifiche del muro verranno effettuate con l'Approccio 1 - Combinazione 1 e 2, mentre la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno sarà effettuata secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2.

Per gli interventi di ordinaria manutenzione di tutte le opere in particolare quelle strutturali si rimanda al Fascicolo della Manutenzione.

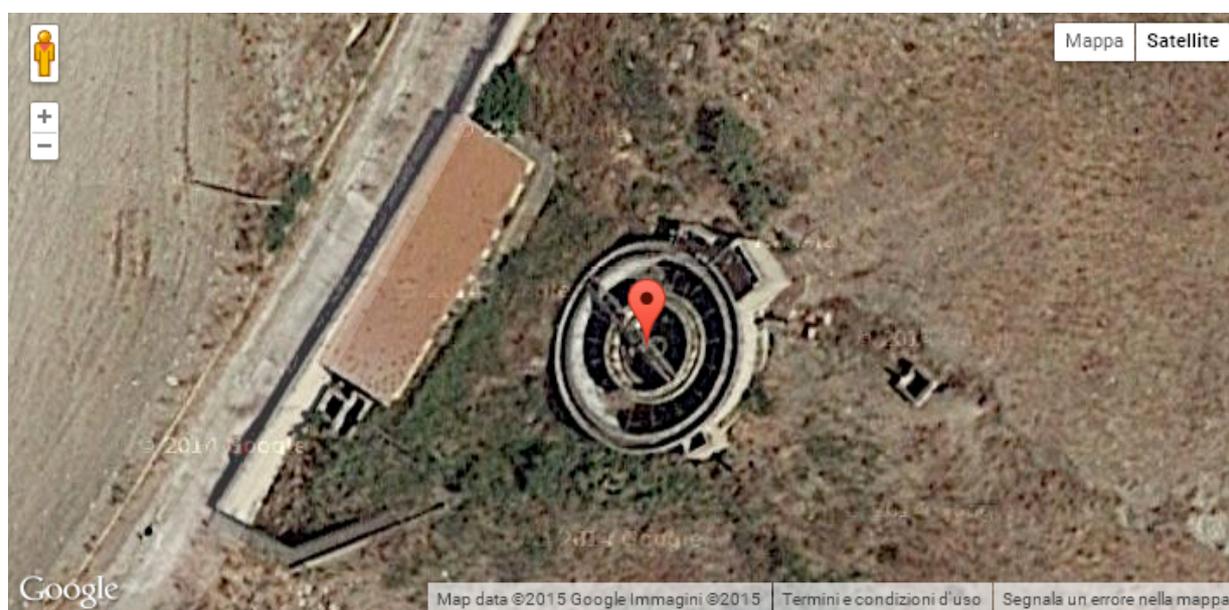
### **1.4 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Per la redazione del progetto si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- **Legge n° 1086 del 05/11/71** - "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- **D.M. Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008** - "Norme tecniche per le costruzioni";
- **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).

### 1.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Comune	Coordinate Geografiche sito ED50 / WGS84		Zona Sismica	Coefficiente Amplificazione Topografica	Categoria Sottosuolo	Vita Nominale	Classe d'uso	Coefficiente d'uso
	Longitudine	Latitudine						
Sant'Angelo Muxaro	13,553092	37,484312	2 <sup>a</sup>	1,40	C	50	II	1,0
	13,552245	37,483242						



#### Siti di riferimento

Sito 1 ID: 48063	Lat: 37,4850	Lon: 13,4909	Distanza: 5492,396
Sito 2 ID: 48064	Lat: 37,4850	Lon: 13,5537	Distanza: 87,372
Sito 3 ID: 48286	Lat: 37,4350	Lon: 13,5536	Distanza: 5488,987
Sito 4 ID: 48285	Lat: 37,4350	Lon: 13,4909	Distanza: 7763,812

**1.6 - RELAZIONE SULLE FONDAZIONI**

L'opera oggetto di progettazione strutturale ricade nel territorio comunale di Sant'Angelo Muxaro.

Per la caratterizzazione geotecnica si è fatto riferimento alla relazione geologica redatta dal Geologo Dott. Antonio Calamita ed allegata al presente progetto.

L'esatta individuazione del sito è riportata nei grafici di progetto.

Nella zona non si riscontrano elementi geomorfologicamente attivi che possono recare pregiudizio alla stabilità dell'opera in oggetto; pertanto si ritiene il sito in oggetto idoneo ad essere utilizzato per scopi edificatori.

La giacitura del terreno in esame si fortemente acclive (> 30°).

Dal punto di vista geologico - geotecnico - sismico è stato rilevati un modello geologico di riferimento, dall'alto verso il basso, i seguenti termini litologici:

- **Argille sabbione giallastre, da 0,00 metri a 4,00 metri;**
- **Argille limose grigio azzurre, da 4,00 metri in poi.**

e i cui parametri medi geotecnici assunti nelle calcolazioni, sono riportati nella seguente tabella:

Profondità	Litologia	Parametri geotecnici					
		$\gamma$	$\phi'$	$c'$	Cu	E	Ed
[m]		[kg/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Da 0,00 a 4,00	Argille sabbione giallastre	1850	22	---	0,50	---	---
Da 4,00 in poi	Argille limose grigio azzurre	1950	22	---	0,80	---	---

$$\text{Categoria di sottosuolo C } (C_{u,30} = \frac{\sum_i h_i}{\sum_i \frac{h_i}{c_{u,i}}} = \frac{4 + 26}{\frac{4}{0,5} + \frac{26}{0,8}} = 0,74 \text{ kg/cm}^2 \approx 74 \text{ kPa}).$$

Categoria topografica T4.

Per una corretta esecuzione si prescrive di realizzare tra la stessa ed il terreno di sedime uno strato di calcestruzzo non armato di circa 15÷20cm, con dosaggio di almeno 200 kg di cemento al mc. in modo da ben isolare la struttura in c.a. dal substrato calcareo.

### 1.7 - RELAZIONE SUI MATERIALI

I materiali da utilizzarsi per la realizzazione dei muri in cemento armato sia in fondazione che in elevazione devono avere le seguenti caratteristiche:

- **Calcestruzzo con resistenza  $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$  e classe d'esposizione XC2**, con dosatura di cemento non inferiore a 300 Kg per mc di miscela, inerti non gelivi aventi granulometria rientrante nel fuso granulometrico di Fuller e nella parte più grossa con pezzatura non superiore a 2,5 cm. Il rapporto acqua cemento non dovrà superare il valore di 0,60 e qualora si rendesse necessaria maggiore fluidità per la lavorazione potranno utilizzarsi idonei additivi;
- **Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C**. All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili e pieghe. E' tollerata una ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto. Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento. Nella posa si dovrà curare il copriferro che non dovrà in nessun punto essere inferiore a 5 cm.

I materiali da utilizzarsi per la realizzazione dei muri in gabbioni devono avere le seguenti caratteristiche:

- **Pietrame Calcereo di riempimento**
  - Peso specifico :  $\gamma_m = 20,00 \text{ kN/m}^3$
- **Rete metallica gabbioni**
  - Tipo: Doppia torsione
  - Maglia: 8x10 cm
  - Diametro filo:  $\varnothing = 2,7 \text{ mm}$
  - Resistenza per rottura a trazione:  $f_t = 350 \div 500 \text{ N/mm}^2$

### **1.8 - CARICHI E SOVRACCARICHI**

I carichi unitari presi in considerazione sono:

a) Carichi unitari

peso per unità di volume del calcestruzzo armato      25,00 kN/mc

b) Carichi sul terrapieno

Carico variabile Piazzale      5,00 daN/mq

Carico variabile Stradella Comunale      20,00 daN/mq

c) Carichi sul muro

Peso muretto parapetto + Recinzione      8,00 kN/m

Spinta orizzontale sul parapetto (h=1,00m)      1,50 kN/m

## 2 - CALCOLO MURI IN C.A.

### 2.1 - INTRODUZIONE AL CALCOLO

#### 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:

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

Valori limite di  $K_a$ :

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

$\gamma_t$  Peso unità di volume del terreno;

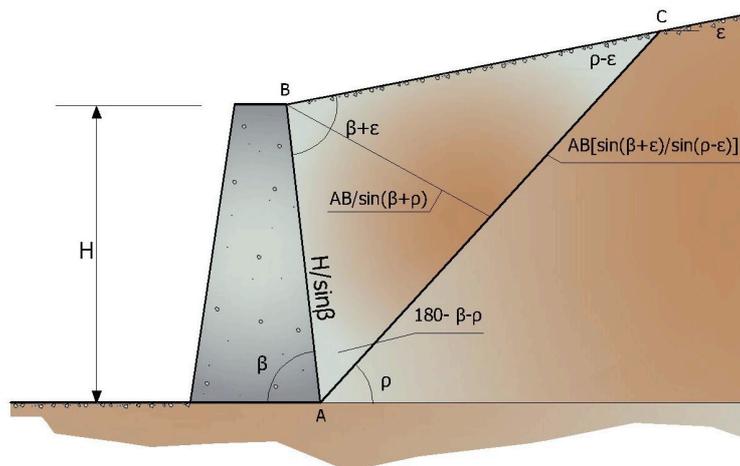
$\beta$  Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

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

$\delta$  Angolo di attrito terra-muro;

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

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

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:

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

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:

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

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

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

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:

$A' = B \cdot L'$  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:

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

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

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

**Fattori di forma**

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

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

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

**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**

$$d_c = 1 + 0.4K$$

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

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

$$d_\gamma = 1$$

**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:

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

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

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

### Fattori di forma

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

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

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

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

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

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^3$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^3$$

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

**Fattori di profondità**

$$d_c = 1 + 0.4K$$

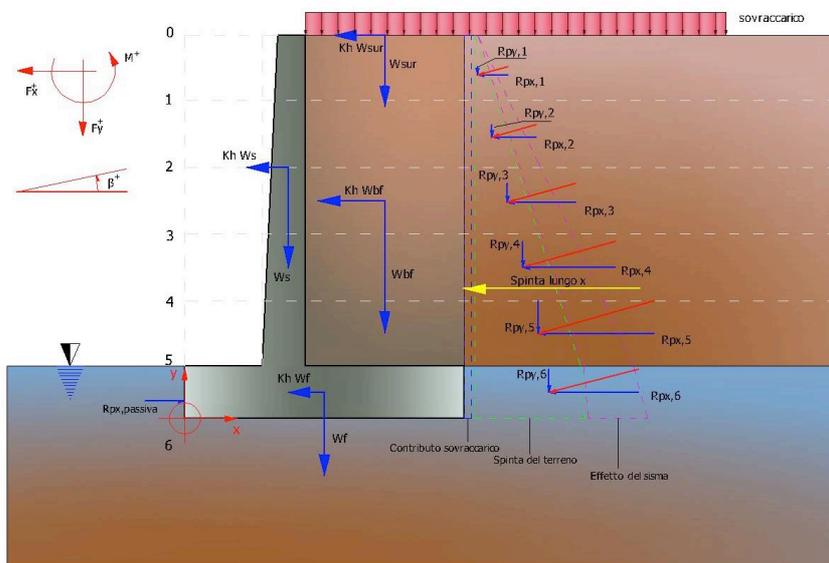
$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \cdot K$$

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

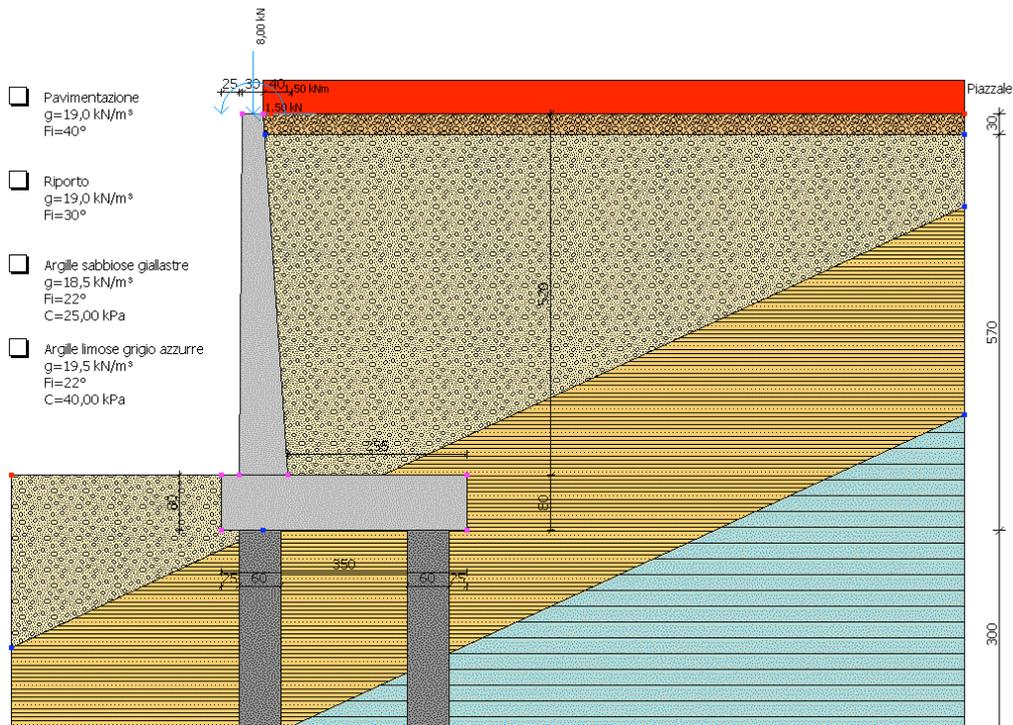
**Convenzione segni**

- 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.

**Informazioni generali sull'elaborazione**

- Software** MDC ver. 2015.25.7.833
- Prodotto da** GeoStru s.a.s.
- Licenza** Ing. Giovanni Di Trapani

2.2 - MURO TIPO 1 ( $H \leq 5,20 M$ )



Dati generali

Descrizione	SAM Impianto Depurativo
Comune di	Sant'Angelo Muxaro
Tecnico	Ing. Vincenzo Rizzo
Data	21/05/2015
Condizioni ambientali	Ordinarie
Zona	Sant'Angelo Muxaro - Impianto Depurativo
Lat./Long. [WGS84]	37,483242/13,552245
Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	520,0 cm
Spessore testa muro	30,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	40,0 cm
Sporgenza mensola a valle	25,0 cm
Sporgenza mensola a monte	255,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	80,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	80,0 cm
Pali	
Sezione dei pali	60,0 cm
Lunghezza dei pali	1130,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	55,0 cm
Interasse longitudinale	200,0 cm
Disposizione in pianta	Allineati

**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: C  
 Categoria topografica: T4

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,23	2,46	0,2
S.L.D.	50,0	0,29	2,45	0,23
S.L.V.	475,0	0,64	2,53	0,41
S.L.C.	975,0	0,77	2,65	0,43

**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.	0,483	0,18	0,0089	0,0044
S.L.D.	0,609	0,18	0,0112	0,0056
S.L.V.	1,344	0,18	0,0247	0,0123
S.L.C.	1,617	0,18	0,0297	0,0148

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**Conglomerati**

Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fed [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
C25/30	30	32089,96	25	14,44	1,21	2,61

**Acciai:**

Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 iniziale	β1*β2 finale
B450C	205000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5

Copriferro, Elevazione 5,0 cm  
 Copriferro, Fondazione 5,0 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	19,00	40	0,00	0	No		Pavimentazione
2	570	25	19,00	30	0,00	20	No		Riporto
3	300	25	18,50	22	25,00	14	No		Argille sabbiose giallastre
4	1200	0	19,50	22	40,00	14	No		Argille limose grigio azzurre

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
Peso parapetto	45,0	600,0	0,0	8,0	0,0
Azioni sul parapetto	45,0	600,0	1,5	0,0	1,5

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
Piazzale	0,0	1000,0	5,0	5,0	0,0

**FATTORI DI COMBINAZIONE**

STATICA A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,30
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Piazzale	1,50
8	Peso parapetto	1,30
9	Azioni sul parapetto	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

STATICA A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Piazzale	1,30
8	Peso parapetto	1,00
9	Azioni sul parapetto	1,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
-----	---------------	-------------------------

1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,45
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,6
5	Orizzontale	1,6
	Riduzione resistenza	Parziale

STATICA EQU+M2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Piazzale	1,50
8	Peso parapetto	0,90
9	Azioni sul parapetto	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,45
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,6
5	Orizzontale	1,6
	Riduzione resistenza	Parziale

SISMA STRU+GEO

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	Piazzale	0,30
8	Peso parapetto	1,00
9	Azioni sul parapetto	0,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,45
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,6
5	Orizzontale	1,6
	Riduzione resistenza	Parziale

STATICA SLE

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
-----	--------	----------------------

1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Piazzale	1,00
8	Peso parapetto	1,00
9	Azioni sul parapetto	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

SISMA EQU

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Piazzale	0,30
8	Peso parapetto	1,00
9	Azioni sul parapetto	0,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,45
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,6
5	Orizzontale	1,6
	Riduzione resistenza	Parziale

SISMICA SLE

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	Piazzale	0,30
8	Peso parapetto	1,00
9	Azioni sul parapetto	0,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

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

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
600,0	570,9	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	4,0	
570,9	495,93	19,0	25,0	30,0	20,0	0,0	4,0	
495,93	391,86	19,0	25,0	30,0	20,0	0,0	4,0	
391,86	287,78	19,0	25,0	30,0	20,0	0,0	4,0	
287,78	183,71	19,0	25,0	30,0	20,0	0,0	4,0	
183,71	80,0	19,0	25,0	30,0	20,0	0,0	4,0	

**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
4,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,02	0,0	0,0
24,0	0,54	0,0	0,0	0,5	0,22	0,0	0,0
24,0	0,54	0,0	0,0	0,5	0,22	0,0	0,0
24,0	0,54	0,0	0,0	0,5	0,22	0,0	0,0
24,0	0,54	0,0	0,0	0,5	0,22	0,0	0,0
24,0	0,54	0,0	0,0	0,5	0,22	0,0	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	600,0	570,9	0,73	0,05	584,14	584,14
2	570,9	495,93	6,44	2,49	528,28	527,5
3	495,93	391,86	17,72	7,36	438,9	438,54
4	391,86	287,78	27,92	11,9	336,65	336,51
5	287,78	183,71	38,11	16,44	233,43	233,35
6	183,71	80,0	48,13	20,91	130,04	129,99

**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
570,9	0,0	2,9	45,4	585,3
495,93	0,0	11,28	46,6	545,9
391,86	0,0	25,21	48,2	488,6
287,78	0,0	41,79	49,9	429,0
183,71	0,0	61,04	51,7	367,7
80,0	0,0	82,88	53,5	305,3

#### 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
570,9	2,98	13,35	3,09	32,3
495,93	9,42	24,22	7,36	38,0
391,86	27,13	45,52	24,89	46,01
287,78	55,05	74,0	65,27	54,01
183,71	93,16	109,69	138,79	62,02
80,0	141,29	152,43	255,35	70,0

#### Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv Area dei ferri lato valle.  
 Afm Area dei ferri lato monte.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	13,42	125,48	S	126,2	0,0	42,4
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	24,24	154,93	S	137,24	0,0	14,57
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	45,42	198,4	S	155,77	0,0	5,74
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	74,07	245,22	S	176,47	0,0	3,21
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	109,68	296,17	S	196,61	0,0	2,11
4Ø20 (12,57)	8Ø20 (25,13)	152,5	640,82	S	237,5	272,78	3,61

#### Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
600,0	495,93	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
495,93	391,86	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
391,86	287,78	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
287,78	183,71	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
183,71	136,2	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
136,2	80,0	18,5	25,0	22,0	14,0	25,0	0,0	
80,0	0,0	18,5	25,0	22,0	14,0	25,0	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	0,22	0,0	0,0	0,22	0,0	0,0	0,0
0,0	0,22	0,0	0,0	0,22	0,0	0,0	0,0
0,0	0,22	0,0	0,0	0,22	0,0	0,0	0,0
0,0	0,22	0,0	0,0	0,22	0,0	0,0	0,0
0,0	0,22	0,0	0,0	0,22	0,0	0,0	0,0
14,0	0,87	0,0	0,0	0,84	0,21	0,0	0,0
14,0	0,87	0,0	0,0	0,84	0,21	0,0	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	600,0	495,93	3,93	0,0	538,1	495,93
2	495,93	391,86	8,41	0,0	439,28	391,86
3	391,86	287,78	12,88	0,0	336,81	287,78
4	287,78	183,71	17,36	0,0	233,51	183,71
5	183,71	136,2	9,41	0,0	159,56	136,2
6	136,2	80,0	3,55	0,89	108,1	108,1
7	80,0	0,0	5,06	1,26	40,0	40,0

**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	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Sollecitazioni total i**

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	60,61	2,15	155,41
Carichi esterni	2,25	10,4	11,07
Peso muro	0,0	82,88	-44,34
Peso fondazione	0,0	89,25	-156,19
Sovraccarico	0,0	21,75	-44,59
Terr. fondazione	0,0	125,23	-223,03
	<b>62,86</b>	<b>331,66</b>	<b>-301,67</b>

Momento stabilizzante -480,34 kNm  
 Momento ribaltante 178,67 kN m

### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 62,86 kN  
 Forza verticale (P) 480,55 kN

### Dati palo

Lunghezza 1130,0 cm  
 Diametro 60,0 cm  
 Copriferro 5,0 cm  
 Palo trivellato  
 Numero verticali indagate 1  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

Spessore strato 300,0 cm  
 Peso unità di volume 18,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 25,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa  
 Modulo di reaz. orizzontale 5000,0 KN/m<sup>3</sup>

#### Strato N° 2

Spessore strato 830,0 cm  
 Peso unità di volume 19,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 40,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda 392,28 cm  
 Cedimento del palo 0,0 cm  
 Spostamento in x 1,07 cm  
 Rotazione in testa 0,16 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 658,5 kPa

**Carico limite verticale**

Carico limite di punta (Qp)	388,72 kN
Carico limite laterale (Qs)	1191,72 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	1580,44 kN
Peso palo (W)	7988,6 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,83

**Verifica palo in testa**

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	480,55 kN
Taglio	62,86 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	480,56 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-204,94 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	605,69 kN
Misura Sicurezza Taglio	6409,71

**Verifica palo alla profondità di cm 490,00**

Momento	81,37 kNm
Sforzo normale	514,52 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	514,52 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	210,47 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	605,69 kN
Misura Sicurezza Taglio	6409,71

**Verifiche palo alla profondità di cm 784,56**

Momento	32,06 kNm
Sforzo normale	534,97 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	534,96 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	213,74 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	605,69 kN
Misura Sicurezza Taglio	6409,71

**MENSOLA A VALLE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

25,0      0,0      6,38      0,8      80,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	-0,07	353,93	S	240,35	0,0	37,7

**MENSOLA A MONTE**

Xprogr.      Ascissa progressiva (cm);  
 Fx      Forza in direzione x (kN);  
 Fy      Forza in direzione y (kN);  
 M      Momento (kNm);  
 H      Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
95,0	-26,37	140,27	5,09	80,0
295,0	5,06	26,35	-8,39	80,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	26,44	363,31	S	240,35	0,0	1,71
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	5,04	355,74	S	240,35	0,0	9,12

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

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
600,0	570,9	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	4,0	
570,9	495,93	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
495,93	391,86	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
391,86	287,78	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
287,78	183,71	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
183,71	80,0	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	

**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
4,0	0,31	0,0	0,0	0,31	0,02	0,0	0,0
24,0	0,94	0,0	0,0	0,86	0,38	0,0	0,0
24,0	0,94	0,0	0,0	0,86	0,38	0,0	0,0
24,0	0,94	0,0	0,0	0,86	0,38	0,0	0,0
24,0	0,94	0,0	0,0	0,86	0,38	0,0	0,0
24,0	0,94	0,0	0,0	0,86	0,38	0,0	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	600,0	570,9	0,84	0,06	584,0	584,0
2	570,9	495,93	10,08	4,01	527,72	527,03
3	495,93	391,86	29,24	12,35	438,64	438,35
4	391,86	287,78	46,95	20,23	336,55	336,44
5	287,78	183,71	64,67	28,12	233,37	233,32
6	183,71	80,0	82,07	35,87	130,0	129,97

**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
570,9	0,0	2,23	45,4	585,3
495,93	0,0	8,68	46,6	545,9
391,86	0,0	19,4	48,2	488,6
287,78	0,0	32,15	49,9	429,0
183,71	0,0	46,96	51,7	367,7
80,0	0,0	63,75	53,5	305,3

#### 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
570,9	2,79	10,29	2,7	32,3
495,93	12,87	20,74	7,6	38,0
391,86	42,11	43,8	32,88	46,01
287,78	89,06	76,79	95,82	54,01
183,71	153,73	119,72	214,25	62,02
80,0	235,81	172,39	405,28	70,0

#### Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv Area dei ferri lato valle.  
 Afm Area dei ferri lato monte.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	10,36	125,13	S	126,2	0,0	45,26
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	20,73	154,43	S	137,24	0,0	10,66
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	43,83	198,11	S	155,77	0,0	3,7
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	76,73	245,82	S	176,47	0,0	1,98
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	119,65	298,79	S	196,61	0,0	1,28
4Ø20 (12,57)	8Ø20 (25,13)	172,43	646,67	S	237,5	272,78	2,16

#### Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
600,0	495,93	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
495,93	391,86	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
391,86	287,78	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
287,78	183,71	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
183,71	136,2	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
136,2	80,0	18,5	25,0	17,91	14,0	20,0	0,0	
80,0	0,0	18,5	25,0	17,91	14,0	20,0	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	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
14,0	0,91	0,0	0,0	0,89	0,22	0,0	0,0
14,0	0,91	0,0	0,0	0,89	0,22	0,0	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	600,0	495,93	4,85	0,0	537,5	495,93
2	495,93	391,86	10,7	0,0	439,15	391,86
3	391,86	287,78	16,55	0,0	336,75	287,78
4	287,78	183,71	22,39	0,0	233,48	183,71
5	183,71	136,2	12,17	0,0	159,56	136,2
6	136,2	80,0	3,24	0,81	108,1	108,1
7	80,0	0,0	7,84	1,15	32,14	40,0

**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	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Sollecitazioni total i**

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	77,74	1,96	199,62
Carichi esterni	1,95	8,0	10,05
Peso muro	0,0	63,75	-34,11
Peso fondazione	0,0	68,66	-120,15
Sovraccarico	0,0	18,85	-38,64
Terr. fondazione	0,0	96,33	-171,56
	<b>79,69</b>	<b>257,55</b>	<b>-154,79</b>

Momento stabilizzante -374,92 kNm  
 Momento ribaltante 220,13 kN m

#### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 79,69 kN  
 Forza verticale (P) 440,99 kN

#### Dati palo

Lunghezza 1130,0 cm  
 Diametro 60,0 cm  
 Copriferro 5,0 cm  
 Palo trivellato  
 Numero verticali indagate 1  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

#### Stratigrafia palo

##### Strato N° 1

Spessore strato 300,0 cm  
 Peso unità di volume 18,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 25,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa  
 Modulo di reaz. orizzontale 5000,0 KN/m<sup>3</sup>

##### Strato N° 2

Spessore strato 830,0 cm  
 Peso unità di volume 19,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 40,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa

#### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda 392,28 cm  
 Cedimento del palo 0,0 cm  
 Spostamento in x 1,35 cm  
 Rotazione in testa 0,2 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 658,5 kPa

**Carico limite verticale**

Carico limite di punta (Qp)	388,72 kN
Carico limite laterale (Qs)	1191,72 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	1050,54 kN
Peso palo (W)	7988,6 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,02

**Verifica palo in testa**

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	440,99 kN
Taglio	79,69 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	440,99 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-198,35 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	588,54 kN
Misura Sicurezza Taglio	8125,69

**Verifica palo alla profondità di cm 490,00**

Momento	103,16 kNm
Sforzo normale	474,95 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	474,94 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	204,02 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	588,54 kN
Misura Sicurezza Taglio	8125,69

**Verifiche palo alla profondità di cm 784,56**

Momento	40,64 kNm
Sforzo normale	495,4 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	495,4 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	207,37 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	588,54 kN
Misura Sicurezza Taglio	8125,69

**MENSOLA A VALLE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

25,0      0,0      4,9      0,61      80,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	-0,07	353,93	S	240,35	0,0	49,01

**MENSOLA A MONTE**

Xprogr.      Ascissa progressiva (cm);  
 Fx      Forza in direzione x (kN);  
 Fy      Forza in direzione y (kN);  
 M      Momento (kNm);  
 H      Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
95,0	-32,0	176,85	-77,95	80,0
295,0	7,84	22,37	-7,86	80,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	31,91	365,25	S	240,35	0,0	1,36
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	7,93	356,76	S	240,35	0,0	10,74

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

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
600,0	570,9	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	4,0	
570,9	495,93	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
495,93	391,86	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
391,86	287,78	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
287,78	183,71	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
183,71	80,0	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	

**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
4,0	0,31	0,0	0,0	0,31	0,02	0,0	0,0
24,0	0,94	0,0	0,0	0,86	0,38	0,0	0,0
24,0	0,94	0,0	0,0	0,86	0,38	0,0	0,0
24,0	0,94	0,0	0,0	0,86	0,38	0,0	0,0
24,0	0,94	0,0	0,0	0,86	0,38	0,0	0,0
24,0	0,94	0,0	0,0	0,86	0,38	0,0	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	600,0	570,9	0,95	0,07	584,05	584,05
2	570,9	495,93	11,32	4,51	527,83	527,17
3	495,93	391,86	32,47	13,72	438,69	438,41
4	391,86	287,78	51,96	22,4	336,57	336,46
5	287,78	183,71	71,45	31,07	233,38	233,33
6	183,71	80,0	90,59	39,6	130,01	129,98

**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
570,9	0,0	2,01	45,4	585,3
495,93	0,0	7,81	46,6	545,9
391,86	0,0	17,46	48,2	488,6
287,78	0,0	28,93	49,9	429,0
183,71	0,0	42,26	51,7	367,7
80,0	0,0	57,38	53,5	305,3

#### 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
570,9	3,2	9,27	3,09	32,3
495,93	14,52	19,58	8,6	38,0
391,86	46,99	42,95	36,78	46,01
287,78	98,96	76,82	106,65	54,01
183,71	170,41	121,22	237,79	62,02
80,0	261,0	175,94	449,02	70,0

#### Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv Area dei ferri lato valle.  
 Afm Area dei ferri lato monte.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	9,29	125,01	S	126,2	0,0	39,39
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	19,6	154,27	S	137,24	0,0	9,45
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	43,03	197,96	S	155,77	0,0	3,31
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	76,91	245,86	S	176,47	0,0	1,78
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	121,13	299,18	S	196,61	0,0	1,15
4Ø20 (12,57)	8Ø20 (25,13)	176,04	647,73	S	237,5	272,78	1,96

#### Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
600,0	495,93	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
495,93	391,86	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
391,86	287,78	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
287,78	183,71	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
183,71	136,2	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
136,2	80,0	18,5	25,0	17,91	14,0	20,0	0,0	
80,0	0,0	18,5	25,0	17,91	14,0	20,0	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	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
14,0	0,91	0,0	0,0	0,89	0,22	0,0	0,0
14,0	0,91	0,0	0,0	0,89	0,22	0,0	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	600,0	495,93	5,44	0,0	537,7	495,93
2	495,93	391,86	11,87	0,0	439,19	391,86
3	391,86	287,78	18,3	0,0	336,77	287,78
4	287,78	183,71	24,74	0,0	233,49	183,71
5	183,71	136,2	13,43	0,0	159,56	136,2
6	136,2	80,0	3,74	0,93	108,1	108,1
7	80,0	0,0	8,87	1,33	32,36	40,0

**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	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Sollecitazioni total i**

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	86,39	2,26	221,2
Carichi esterni	2,25	7,2	12,51
Peso muro	0,0	57,38	-30,7
Peso fondazione	0,0	61,79	-108,13
Sovraccarico	0,0	21,75	-44,59
Terr. fondazione	0,0	96,33	-171,56
	<b>88,64</b>	<b>246,71</b>	<b>-121,27</b>

Momento stabilizzante -366,13 kNm  
 Momento ribaltante 244,86 kN m

#### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 88,64 kN  
 Forza verticale (P) 450,76 kN

#### Dati palo

Lunghezza 1130,0 cm  
 Diametro 60,0 cm  
 Copriferro 5,0 cm  
 Palo trivellato  
 Numero verticali indagate 1  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

#### Stratigrafia palo

##### Strato N° 1

Spessore strato 300,0 cm  
 Peso unità di volume 18,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 25,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa  
 Modulo di reaz. orizzontale 5000,0 KN/m<sup>3</sup>

##### Strato N° 2

Spessore strato 830,0 cm  
 Peso unità di volume 19,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 40,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa

#### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda 392,28 cm  
 Cedimento del palo 0,0 cm  
 Spostamento in x 1,51 cm  
 Rotazione in testa 0,22 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 658,5 kPa

**Carico limite verticale**

Carico limite di punta (Qp)	388,72 kN
Carico limite laterale (Qs)	1191,72 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	1050,54 kN
Peso palo (W)	7988,6 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,99

**Verifica palo in testa**

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	450,76 kN
Taglio	88,64 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	450,76 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-199,99 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	601,66 kN
Misura Sicurezza Taglio	9039,16

**Verifica palo alla profondità di cm 490,00**

Momento	114,75 kNm
Sforzo normale	484,72 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	484,73 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	205,62 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	601,66 kN
Misura Sicurezza Taglio	9039,16

**Verifiche palo alla profondità di cm 784,56**

Momento	45,21 kNm
Sforzo normale	505,17 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	505,16 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	208,97 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	601,66 kN
Misura Sicurezza Taglio	9039,16

**MENSOLA A VALLE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

25,0      0,0      4,41      0,55      80,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	-0,07	353,93	S	240,35	0,0	54,46

**MENSOLA A MONTE**

Xprogr.      Ascissa progressiva (cm);  
 Fx      Forza in direzione x (kN);  
 Fy      Forza in direzione y (kN);  
 M      Momento (kNm);  
 H      Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
95,0	-35,45	190,43	-105,31	80,0
295,0	8,87	22,14	-7,95	80,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	35,41	366,48	S	240,35	0,0	1,26
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	8,81	357,07	S	240,35	0,0	10,85

**SISMA STRU+GEO [GEO+STR]**

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0247  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0123

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
600,0	570,9	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	4,0	
570,9	495,93	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
495,93	391,86	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
391,86	287,78	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
287,78	183,71	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
183,71	80,0	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	

**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
4,0	0,31	0,33	0,02	0,31	0,02	0,02	0,0
24,0	0,94	0,97	0,04	0,86	0,38	0,04	0,02
24,0	0,94	0,97	0,04	0,86	0,38	0,04	0,02
24,0	0,94	0,97	0,04	0,86	0,38	0,04	0,02
24,0	0,94	0,97	0,04	0,86	0,38	0,04	0,02
24,0	0,94	0,97	0,04	0,86	0,38	0,04	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	600,0	570,9	0,41	0,03	582,31	582,31
2	570,9	495,93	7,17	2,68	525,05	523,46
3	495,93	391,86	25,85	10,8	437,69	437,28
4	391,86	287,78	44,33	19,03	336,2	336,07
5	287,78	183,71	62,82	27,26	233,2	233,13
6	183,71	80,0	80,99	35,35	129,9	129,86

**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
570,9	0,06	2,23	45,4	585,3
495,93	0,21	8,68	46,6	545,9
391,86	0,48	19,4	48,2	488,6
287,78	0,79	32,15	49,9	429,0
183,71	1,16	46,96	51,7	367,7
80,0	1,57	63,75	53,5	305,3

**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
570,9	0,91	10,26	0,71	32,3
495,93	8,24	19,39	3,36	38,0
391,86	34,36	40,9	22,42	46,01
287,78	79,01	72,68	76,29	54,01
183,71	142,19	114,75	183,65	62,02
80,0	223,59	166,9	362,46	70,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afv Area dei ferri lato valle.  
 Afm Area dei ferri lato monte.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	10,21	125,11	S	126,2	0,0	138,22
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	19,35	154,23	S	137,24	0,0	16,65
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	40,84	197,56	S	155,77	0,0	4,53
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	72,64	244,9	S	176,47	0,0	2,23
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	114,74	297,5	S	196,61	0,0	1,38
4Ø20 (12,57)	8Ø20 (25,13)	166,99	645,08	S	237,5	272,78	2,28

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (KN/m³);  
 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
600,0	495,93	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
495,93	391,86	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
391,86	287,78	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
287,78	183,71	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
183,71	136,2	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
136,2	80,0	18,5	25,0	17,91	14,0	20,0	0,0	
80,0	0,0	18,5	25,0	17,91	14,0	20,0	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	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
14,0	0,91	0,94	0,03	0,89	0,22	0,03	0,01
14,0	0,91	0,94	0,03	0,89	0,22	0,03	0,01

**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	600,0	495,93	3,57	0,0	532,9	495,93
2	495,93	391,86	9,78	0,0	438,39	391,86
3	391,86	287,78	15,98	0,0	336,45	287,78
4	287,78	183,71	22,19	0,0	233,32	183,71
5	183,71	136,2	12,19	0,0	159,54	136,2
6	136,2	80,0	1,72	0,22	107,6	107,11
7	80,0	0,0	5,99	0,39	29,3	38,41

**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	0,0	0,0	0,0	0,0

### Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	71,43	0,6	188,4
Carichi esterni	0,45	8,0	-0,45
Peso muro	1,57	63,75	-29,3
Peso fondazione	1,7	68,66	-119,47
Sovraccarico	0,11	4,35	-8,27
Terr. fondazione	2,38	96,33	-158,26
	<b>77,63</b>	<b>241,69</b>	<b>-127,35</b>

Momento stabilizzante -340,44 kNm  
 Momento ribaltante 213,09 kN m

### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 77,63 kN  
 Forza verticale (P) 419,26 kN

### Dati palo

Lunghezza 1130,0 cm  
 Diametro 60,0 cm  
 Copriferro 5,0 cm  
 Palo trivellato  
 Numero verticali indagate 1  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

Spessore strato 300,0 cm  
 Peso unità di volume 18,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 25,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa  
 Modulo di reaz. orizzontale 5000,0 KN/m<sup>3</sup>

#### Strato N° 2

Spessore strato 830,0 cm  
 Peso unità di volume 19,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 40,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda 392,28 cm  
 Cedimento del palo 0,0 cm  
 Spostamento in x 1,32 cm  
 Rotazione in testa 0,19 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 658,5 kPa

**Carico limite verticale**

Carico limite di punta (Qp)	388,72 kN
Carico limite laterale (Qs)	1191,72 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	1050,54 kN
Peso palo (W)	7988,6 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,11

**Verifica palo in testa**

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	419,26 kN
Taglio	77,63 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	419,26 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-194,65 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	585,66 kN
Misura Sicurezza Taglio	7916,37

**Verifica palo alla profondità di cm 490,00**

Momento	100,5 kNm
Sforzo normale	453,23 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	453,23 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	200,4 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	585,66 kN
Misura Sicurezza Taglio	7916,37

**Verifiche palo alla profondità di cm 784,56**

Momento	39,59 kNm
Sforzo normale	473,68 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	473,68 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	203,81 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	585,66 kN
Misura Sicurezza Taglio	7916,37

**MENSOLA A VALLE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
25,0	0,0	4,9	0,61	80,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	-0,07	353,93	S	240,35	0,0	49,01

**MENSOLA A MONTE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
95,0	-32,83	167,74	-68,66	80,0
295,0	5,99	18,26	-6,39	80,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	32,79	365,55	S	240,35	0,0	1,43
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	5,93	356,05	S	240,35	0,0	13,16

**SISMA EQU [GEO+STR]**

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0247  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0123

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
600,0	570,9	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	4,0	
570,9	495,93	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
495,93	391,86	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
391,86	287,78	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
287,78	183,71	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	
183,71	80,0	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	4,0	

**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
4,0	0,31	0,33	0,02	0,31	0,02	0,02	0,0
24,0	0,94	0,97	0,04	0,86	0,38	0,04	0,02
24,0	0,94	0,97	0,04	0,86	0,38	0,04	0,02
24,0	0,94	0,97	0,04	0,86	0,38	0,04	0,02
24,0	0,94	0,97	0,04	0,86	0,38	0,04	0,02
24,0	0,94	0,97	0,04	0,86	0,38	0,04	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	600,0	570,9	0,41	0,03	582,31	582,31
2	570,9	495,93	7,17	2,57	525,05	523,45
3	495,93	391,86	25,85	10,35	437,69	437,28
4	391,86	287,78	44,33	18,24	336,2	336,07
5	287,78	183,71	62,82	26,13	233,2	233,13
6	183,71	80,0	80,99	33,88	129,9	129,86

**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
570,9	0,06	2,23	45,4	585,3
495,93	0,21	8,68	46,6	545,9
391,86	0,48	19,4	48,2	488,6
287,78	0,79	32,15	49,9	429,0
183,71	1,16	46,96	51,7	367,7
80,0	1,57	63,75	53,5	305,3

**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
570,9	0,91	10,26	0,71	32,3
495,93	8,24	19,28	3,38	38,0
391,86	34,36	40,34	22,53	46,01
287,78	79,01	71,33	76,59	54,01
183,71	142,19	112,27	184,26	62,02
80,0	223,59	162,95	363,54	70,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afv Area dei ferri lato valle.  
 Afm Area dei ferri lato monte.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	10,21	125,11	S	126,2	0,0	138,22
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	19,35	154,23	S	137,24	0,0	16,65
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	40,25	197,45	S	155,77	0,0	4,53
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	71,4	244,62	S	176,47	0,0	2,23
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	112,21	296,83	S	196,61	0,0	1,38
4Ø20 (12,57)	8Ø20 (25,13)	162,96	643,9	S	237,5	272,78	2,28

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (KN/m³);  
 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
600,0	495,93	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
495,93	391,86	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
391,86	287,78	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
287,78	183,71	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
183,71	136,2	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
136,2	80,0	18,5	25,0	17,91	14,0	20,0	0,0	
80,0	0,0	18,5	25,0	17,91	14,0	20,0	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	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
14,0	0,91	0,94	0,03	0,89	0,22	0,03	0,01
14,0	0,91	0,94	0,03	0,89	0,22	0,03	0,01

**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	600,0	495,93	3,57	0,0	532,9	495,93
2	495,93	391,86	9,78	0,0	438,39	391,86
3	391,86	287,78	15,98	0,0	336,45	287,78
4	287,78	183,71	22,19	0,0	233,32	183,71
5	183,71	136,2	12,19	0,0	159,54	136,2
6	136,2	80,0	1,72	0,19	107,6	108,1
7	80,0	0,0	5,99	0,27	29,3	40,0

**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	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Sollecitazioni total i**

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	71,43	0,45	188,93
Carichi esterni	0,45	8,0	-0,45
Peso muro	1,57	63,75	-29,3
Peso fondazione	1,7	68,66	-119,47
Sovraccarico	0,11	4,35	-8,27
Terr. fondazione	2,38	96,33	-158,26
	<b>77,63</b>	<b>241,54</b>	<b>-126,83</b>

Momento stabilizzante -339,92 kNm  
 Momento ribaltante 213,09 kN m

**Verifica palo max sollecitato**

Forza orizzontale 77,63 kN  
 Forza verticale (P) 419,12 kN

**Dati palo**

Lunghezza 1130,0 cm  
 Diametro 60,0 cm  
 Copriferro 5,0 cm  
 Palo trivellato  
 Numero verticali indagate 1  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

**Stratigrafia palo**

**Strato N° 1**

Spessore strato 300,0 cm  
 Peso unità di volume 18,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 25,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa  
 Modulo di reaz. orizzontale 5000,0 KN/m<sup>3</sup>

**Strato N° 2**

Spessore strato 830,0 cm  
 Peso unità di volume 19,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 40,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa

**Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle**

Lunghezza d'onda 392,28 cm  
 Cedimento del palo 0,0 cm  
 Spostamento in x 1,32 cm  
 Rotazione in testa 0,19 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 658,5 kPa

**Carico limite verticale**

Carico limite di punta (Qp)	388,72 kN
Carico limite laterale (Qs)	1191,72 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	1050,54 kN
Peso palo (W)	7988,6 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,11

**Verifica palo in testa**

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	419,12 kN
Taglio	77,63 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	419,11 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-194,62 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	585,64 kN
Misura Sicurezza Taglio	7916,37

**Verifica palo alla profondità di cm 490,00**

Momento	100,5 kNm
Sforzo normale	453,08 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	453,08 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	200,37 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	585,64 kN
Misura Sicurezza Taglio	7916,37

**Verifiche palo alla profondità di cm 784,56**

Momento	39,59 kNm
Sforzo normale	473,53 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	12,32 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	473,53 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	203,79 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	585,64 kN
Misura Sicurezza Taglio	7916,37

**MENSOLA A VALLE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
25,0	0,0	4,9	0,61	80,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	-0,07	353,93	S	240,35	0,0	49,01

**MENSOLA A MONTE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
95,0	-32,83	167,67	-68,43	80,0
295,0	5,99	18,12	-6,3	80,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	32,79	365,55	S	240,35	0,0	1,43
4Ø20 (12,57)	4Ø20 (12,57)	5,93	356,05	S	240,35	0,0	13,27

**Verifica fessurazione**

**STATICA SLE [Frequente]**

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	0,003	0,400	310,194	644	Si	1,88	150,00	31,07
Si	0,008	0,400	354,700	808	Si	3,52	150,00	73,96
Si	0,038	0,400	431,137	1091	Si	9,53	150,00	298,30
Si	0,109	0,400	474,204	1250	Si	20,03	150,00	783,19
Si	0,217	0,400	474,204	1250	Si	34,64	150,00	1561,02
Si	0,122	0,400	305,102	1250	Si	41,21	150,00	1369,85

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	0,001	0,400	474,204	1250	Si	0,11	150,00	7,08

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	0,039	0,400	474,204	1250	Si	5,85	150,00	278,92
Si	0,009	0,400	474,204	1250	Si	1,22	150,00	64,89

**SISMICA SLE [Rara]**

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	--	--	--	--	Si	5,21	150,00	-16,32
Si	0,001	--	284,121	547	Si	1,66	150,00	13,16
Si	0,023	--	418,409	1044	Si	6,90	150,00	185,20
Si	0,087	--	474,204	1250	Si	16,81	150,00	625,17
Si	0,190	--	474,204	1250	Si	31,07	150,00	1368,05
Si	0,112	--	305,102	1250	Si	38,40	150,00	1259,74

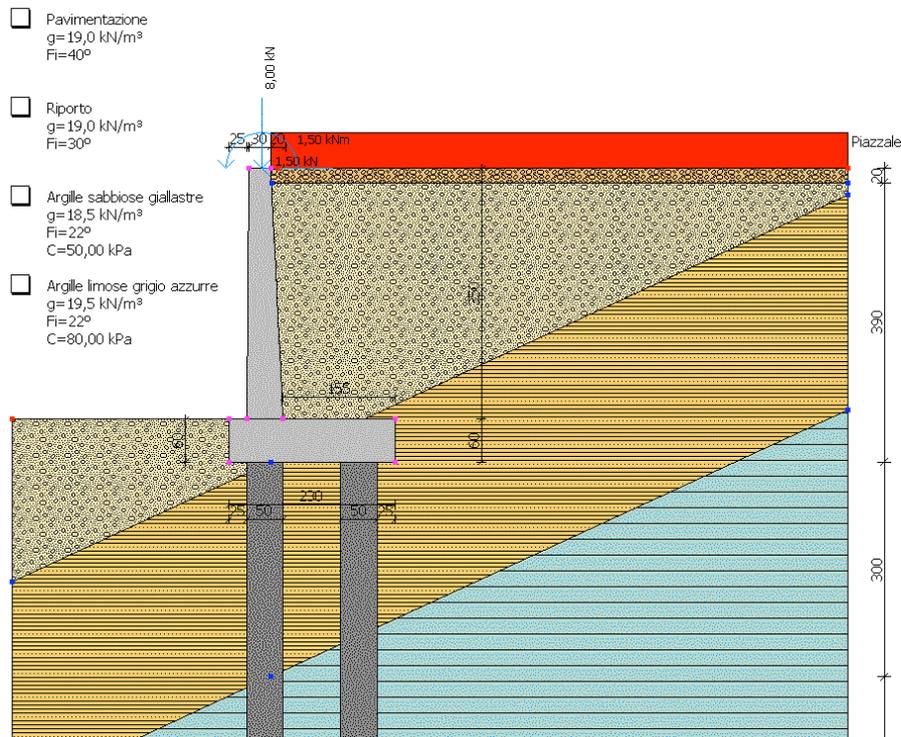
Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	0,001	--	474,204	1250	Si	0,11	150,00	7,08

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	0,023	--	474,204	1250	Si	4,05	150,00	166,40
Si	0,008	--	474,204	1250	Si	1,02	150,00	59,30

2.3 - MURO TIPO 2 ( $H \leq 3,50 M$ )



Dati generali

Descrizione	SAM Impianto Depurativo
Comune di	Sant'Angelo Muxaro
Tecnico	Ing. Vincenzo Rizzo
Data	21/05/2015
Condizioni ambientali	Ordinarie
Zona	Sant'Angelo Muxaro - Impianto Depurativo
Lat./Long. [WGS84]	37,483242/13,552245
Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	350,0 cm
Spessore testa muro	30,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	20,0 cm
Sporgenza mensola a valle	25,0 cm
Sporgenza mensola a monte	155,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	60,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	60,0 cm
Pali	
Sezione dei pali	50,0 cm
Lunghezza dei pali	840,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	50,0 cm
Interasse longitudinale	200,0 cm
Disposizione in pianta	Allineati

**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: C  
 Categoria topografica: T4

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,23	2,46	0,2
S.L.D.	50,0	0,29	2,45	0,23
S.L.V.	475,0	0,64	2,53	0,41
S.L.C.	975,0	0,77	2,65	0,43

**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.	0,483	0,18	0,0089	0,0044
S.L.D.	0,609	0,18	0,0112	0,0056
S.L.V.	1,344	0,18	0,0247	0,0123
S.L.C.	1,617	0,18	0,0297	0,0148

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**Conglomerati**

Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fed [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
C25/30	30	32089,96	25	14,44	1,21	2,61

**Acciai:**

Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 iniziale	β1*β2 finale
B450C	205000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5

Copriferro, Elevazione 5,0 cm

Copriferro, Fondazione 5,0 cm

Copriferro, Dente di fondazione 5,0 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	20	0	19,00	40	0,00	0	No		Pavimentazione
2	390	25	19,00	30	0,00	20	No		Riporto
3	300	25	18,50	22	50,00	14	No		Argille sabbiose giallastre
4	1200	0	19,50	22	80,00	14	No		Argille limose grigio azzurre

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
Peso parapetto	45,0	410,0	0,0	8,0	0,0
Azioni sul parapetto	45,0	410,0	1,5	0,0	1,5

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
Piazzale	0,0	800,0	5,0	5,0	0,0

**FATTORI DI COMBINAZIONE**

STATICA A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,30
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Piazzale	1,50
8	Peso parapetto	1,30
9	Azioni sul parapetto	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

STATICA A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Piazzale	1,30
8	Peso parapetto	1,00
9	Azioni sul parapetto	1,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
-----	---------------	-------------------------

1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,45
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,6
5	Orizzontale	1,6
	Riduzione resistenza	Parziale

STATICA EQU+M2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Piazzale	1,50
8	Peso parapetto	0,90
9	Azioni sul parapetto	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,45
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,6
5	Orizzontale	1,6
	Riduzione resistenza	Parziale

SISMA STRU+GEO

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	Piazzale	0,30
8	Peso parapetto	1,00
9	Azioni sul parapetto	0,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,45
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,6
5	Orizzontale	1,6
	Riduzione resistenza	Parziale

STATICA SLE

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
-----	--------	----------------------

1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Piazzale	1,00
8	Peso parapetto	1,00
9	Azioni sul parapetto	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

SISMA EQU

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Piazzale	0,30
8	Peso parapetto	1,00
9	Azioni sul parapetto	0,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,45
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,6
5	Orizzontale	1,6
	Riduzione resistenza	Parziale

SISMICA SLE

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	Piazzale	0,30
8	Peso parapetto	1,00
9	Azioni sul parapetto	0,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

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

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
410,0	390,4	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	3,0	
390,4	339,97	19,0	25,0	30,0	20,0	0,0	3,0	
339,97	269,94	19,0	25,0	30,0	20,0	0,0	3,0	
269,94	199,91	19,0	25,0	30,0	20,0	0,0	3,0	
199,91	129,87	19,0	25,0	30,0	20,0	0,0	3,0	
129,87	60,0	19,0	25,0	30,0	20,0	0,0	3,0	

**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
3,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,01	0,0	0,0
23,0	0,53	0,0	0,0	0,49	0,21	0,0	0,0
23,0	0,53	0,0	0,0	0,49	0,21	0,0	0,0
23,0	0,53	0,0	0,0	0,49	0,21	0,0	0,0
23,0	0,53	0,0	0,0	0,49	0,21	0,0	0,0
23,0	0,53	0,0	0,0	0,49	0,21	0,0	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	410,0	390,4	0,43	0,02	399,55	399,55
2	390,4	339,97	3,46	1,3	362,33	361,97
3	339,97	269,94	8,7	3,46	301,91	301,71
4	269,94	199,91	13,23	5,39	232,92	232,84
5	199,91	129,87	17,76	7,31	163,4	163,35
6	129,87	60,0	22,23	9,21	93,76	93,73

**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
390,4	0,0	1,91	43,2	400,1
339,97	0,0	7,14	43,7	374,3
269,94	0,0	15,17	44,5	337,2
199,91	0,0	24,1	45,2	299,1
129,87	0,0	33,95	46,0	260,1
60,0	0,0	44,63	46,8	220,4

**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
390,4	2,68	12,34	2,56	31,2
339,97	6,14	18,87	4,63	34,0
269,94	14,84	30,36	11,4	38,0
199,91	28,07	44,67	25,55	42,0
129,87	45,82	61,83	50,14	46,01
60,0	68,06	81,71	88,2	50,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afv Area dei ferri lato valle.  
 Afm Area dei ferri lato monte.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	12,36	99,03	S	115,32	0,0	42,96
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	18,85	110,82	S	123,26	0,0	20,07
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	30,28	128,29	S	134,33	0,0	9,05
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	44,69	146,72	S	145,15	0,0	5,17
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	61,89	166,23	S	155,76	0,0	3,4
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	81,77	186,94	S	166,17	0,0	2,44

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (KN/m³);  
 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
410,0	339,97	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
339,97	269,94	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
269,94	199,91	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
199,91	129,87	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
129,87	81,2	19,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
81,2	60,0	18,5	25,0	22,0	14,0	50,0	0,0	
60,0	0,0	18,5	25,0	22,0	14,0	50,0	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	0,22	0,0	0,0	0,22	0,0	0,0	0,0
0,0	0,22	0,0	0,0	0,22	0,0	0,0	0,0
0,0	0,22	0,0	0,0	0,22	0,0	0,0	0,0
0,0	0,22	0,0	0,0	0,22	0,0	0,0	0,0
0,0	0,22	0,0	0,0	0,22	0,0	0,0	0,0
14,0	0,87	0,0	0,0	0,84	0,21	0,0	0,0
14,0	0,87	0,0	0,0	0,84	0,21	0,0	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	410,0	339,97	2,16	0,0	369,5	339,97
2	339,97	269,94	4,18	0,0	302,12	269,94
3	269,94	199,91	6,21	0,0	233,02	199,91
4	199,91	129,87	8,23	0,0	163,45	129,87
5	129,87	81,2	6,92	0,0	104,96	81,2
6	81,2	60,0	1,34	0,33	70,6	70,6
7	60,0	0,0	3,79	0,95	30,0	30,0

**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	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Sollecitazioni total i**

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	32,83	1,28	54,92
Carichi esterni	2,25	10,4	6,79
Peso muro	0,0	44,63	-20,89
Peso fondazione	0,0	43,99	-50,59
Sovraccarico	0,0	12,9	-18,58
Terr. fondazione	0,0	41,92	-56,96
	<b>35,08</b>	<b>155,11</b>	<b>-85,3</b>

Momento stabilizzante -154,64 kNm  
 Momento ribaltante 69,34 kN m

#### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 35,08 kN  
 Forza verticale (P) 261,78 kN

#### Dati palo

Lunghezza 840,0 cm  
 Diametro 50,0 cm  
 Copriferro 5,0 cm  
 Palo trivellato  
 Numero verticali indagate 1  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

#### Stratigrafia palo

##### Strato N° 1

Spessore strato 300,0 cm  
 Peso unità di volume 18,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 50,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa  
 Modulo di reaz. orizzontale 5000,0 KN/m<sup>3</sup>

##### Strato N° 2

Spessore strato 540,0 cm  
 Peso unità di volume 19,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 80,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa

#### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda 342,15 cm  
 Cedimento del palo 0,0 cm  
 Spostamento in x 0,82 cm  
 Rotazione in testa 0,14 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 777,35 kPa

**Carico limite verticale**

Carico limite di punta (Qp)	285,76 kN
Carico limite laterale (Qs)	801,83 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	1087,59 kN
Peso palo (W)	4123,91 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	3,6

**Verifica palo in testa**

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	261,78 kN
Taglio	35,08 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	261,78 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-109,66 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,65 kN
Misura Sicurezza Taglio	3576,82

**Verifica palo alla profondità di cm 428,00**

Momento	39,6 kNm
Sforzo normale	282,39 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	282,38 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	112,33 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,65 kN
Misura Sicurezza Taglio	3576,82

**Verifiche palo alla profondità di cm 684,29**

Momento	15,6 kNm
Sforzo normale	294,71 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	294,71 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	113,91 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,65 kN
Misura Sicurezza Taglio	3576,82

**MENSOLA A VALLE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

25,0      0,0      4,78      0,6      60,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	0,02	208,76	S	191,57	0,0	40,07

**MENSOLA A MONTE**

Xprogr.      Ascissa progressiva (cm);  
 Fx      Forza in direzione x (kN);  
 Fy      Forza in direzione y (kN);  
 M      Momento (kNm);  
 H      Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
75,0	-13,75	78,69	-19,39	60,0
180,0	3,79	17,94	-5,08	60,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	13,71	212,25	S	191,57	0,0	2,43
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	3,81	209,73	S	191,57	0,0	10,68

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

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
410,0	390,4	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	3,0	
390,4	339,97	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
339,97	269,94	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
269,94	199,91	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
199,91	129,87	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
129,87	60,0	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	

**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
3,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,02	0,0	0,0
23,0	0,92	0,0	0,0	0,85	0,36	0,0	0,0
23,0	0,92	0,0	0,0	0,85	0,36	0,0	0,0
23,0	0,92	0,0	0,0	0,85	0,36	0,0	0,0
23,0	0,92	0,0	0,0	0,85	0,36	0,0	0,0
23,0	0,92	0,0	0,0	0,85	0,36	0,0	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	410,0	390,4	0,5	0,03	399,47	399,47
2	390,4	339,97	5,4	2,08	362,0	361,67
3	339,97	269,94	14,29	5,77	301,73	301,56
4	269,94	199,91	22,19	9,12	232,84	232,78
5	199,91	129,87	30,08	12,47	163,36	163,32
6	129,87	60,0	37,89	15,79	93,73	93,71

**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
390,4	0,0	1,47	43,2	400,1
339,97	0,0	5,49	43,7	374,3
269,94	0,0	11,67	44,5	337,2
199,91	0,0	18,54	45,2	299,1
129,87	0,0	26,11	46,0	260,1
60,0	0,0	34,33	46,8	220,4

**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
390,4	2,45	9,5	2,25	31,2
339,97	7,85	15,6	4,46	34,0
269,94	22,13	27,55	13,71	38,0
199,91	44,32	43,53	35,08	42,0
129,87	74,4	63,58	73,94	46,01
60,0	112,29	87,58	135,54	50,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afv Area dei ferri lato valle.  
 Afm Area dei ferri lato monte.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	9,47	98,71	S	115,32	0,0	47,09
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	15,54	110,4	S	123,26	0,0	15,71
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	27,51	127,89	S	134,33	0,0	6,07
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	43,56	146,53	S	145,15	0,0	3,28
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	63,57	166,54	S	155,76	0,0	2,09
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	87,58	188,13	S	166,17	0,0	1,48

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (KN/m³);  
 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
410,0	339,97	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
339,97	269,94	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
269,94	199,91	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
199,91	129,87	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
129,87	81,2	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
81,2	60,0	18,5	25,0	17,91	14,0	40,0	0,0	
60,0	0,0	18,5	25,0	17,91	14,0	40,0	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	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
14,0	0,91	0,0	0,0	0,89	0,22	0,0	0,0
14,0	0,91	0,0	0,0	0,89	0,22	0,0	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	410,0	339,97	2,62	0,0	369,08	339,97
2	339,97	269,94	5,27	0,0	302,02	269,94
3	269,94	199,91	7,92	0,0	232,97	199,91
4	199,91	129,87	10,56	0,0	163,43	129,87
5	129,87	81,2	8,9	0,0	104,95	81,2
6	81,2	60,0	1,22	0,3	70,6	70,6
7	60,0	0,0	3,46	0,86	30,0	30,0

**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	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Sollecitazioni total i**

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	39,95	1,17	69,83
Carichi esterni	1,95	8,0	6,34
Peso muro	0,0	34,33	-16,07
Peso fondazione	0,0	33,84	-38,91
Sovraccarico	0,0	11,18	-16,1
Terr. fondazione	0,0	32,24	-43,82
	<b>41,9</b>	<b>120,76</b>	<b>-38,72</b>

Momento stabilizzante -121,18 kNm  
 Momento ribaltante 82,46 kN m

#### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 41,9 kN  
 Forza verticale (P) 247,63 kN

#### Dati palo

Lunghezza 840,0 cm  
 Diametro 50,0 cm  
 Copriferro 5,0 cm  
 Palo trivellato  
 Numero verticali indagate 1  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

#### Stratigrafia palo

##### Strato N° 1

Spessore strato 300,0 cm  
 Peso unità di volume 18,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 50,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa  
 Modulo di reaz. orizzontale 5000,0 KN/m<sup>3</sup>

##### Strato N° 2

Spessore strato 540,0 cm  
 Peso unità di volume 19,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 80,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa

#### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda 342,15 cm  
 Cedimento del palo 0,0 cm  
 Spostamento in x 0,98 cm  
 Rotazione in testa 0,16 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 777,35 kPa

**Carico limite verticale**

Carico limite di punta (Qp)	285,76 kN
Carico limite laterale (Qs)	801,83 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	721,08 kN
Peso palo (W)	4123,91 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,5

**Verifica palo in testa**

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	247,63 kN
Taglio	41,9 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	247,63 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-107,81 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	395,8 kN
Misura Sicurezza Taglio	4272,73

**Verifica palo alla profondità di cm 428,00**

Momento	47,31 kNm
Sforzo normale	268,23 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	268,24 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	110,5 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	395,8 kN
Misura Sicurezza Taglio	4272,73

**Verifiche palo alla profondità di cm 684,29**

Momento	18,64 kNm
Sforzo normale	280,55 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	280,56 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	112,09 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	395,8 kN
Misura Sicurezza Taglio	4272,73

**MENSOLA A VALLE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

25,0      0,0      3,68      0,46      60,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	0,02	208,76	S	191,57	0,0	52,09

**MENSOLA A MONTE**

Xprogr.      Ascissa progressiva (cm);  
 Fx      Forza in direzione x (kN);  
 Fy      Forza in direzione y (kN);  
 M      Momento (kNm);  
 H      Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
75,0	-17,49	97,47	-40,33	60,0
180,0	3,46	15,12	-4,35	60,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	17,55	213,23	S	191,57	0,0	1,97
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	3,46	209,64	S	191,57	0,0	12,67

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

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
410,0	390,4	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	3,0	
390,4	339,97	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
339,97	269,94	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
269,94	199,91	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
199,91	129,87	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
129,87	60,0	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	

**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
3,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,02	0,0	0,0
23,0	0,92	0,0	0,0	0,85	0,36	0,0	0,0
23,0	0,92	0,0	0,0	0,85	0,36	0,0	0,0
23,0	0,92	0,0	0,0	0,85	0,36	0,0	0,0
23,0	0,92	0,0	0,0	0,85	0,36	0,0	0,0
23,0	0,92	0,0	0,0	0,85	0,36	0,0	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	410,0	390,4	0,57	0,03	399,5	399,5
2	390,4	339,97	6,09	2,35	362,07	361,76
3	339,97	269,94	15,92	6,43	301,77	301,61
4	269,94	199,91	24,61	10,12	232,86	232,79
5	199,91	129,87	33,3	13,81	163,37	163,33
6	129,87	60,0	41,88	17,45	93,73	93,71

**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
390,4	0,0	1,32	43,2	400,1
339,97	0,0	4,94	43,7	374,3
269,94	0,0	10,5	44,5	337,2
199,91	0,0	16,68	45,2	299,1
129,87	0,0	23,5	46,0	260,1
60,0	0,0	30,9	46,8	220,4

**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
390,4	2,82	8,55	2,63	31,2
339,97	8,91	14,52	5,12	34,0
269,94	24,83	26,52	15,51	38,0
199,91	49,44	42,82	39,34	42,0
129,87	82,74	63,45	82,54	46,01
60,0	124,62	88,29	150,88	50,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afv Area dei ferri lato valle.  
 Afm Area dei ferri lato monte.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	8,47	98,59	S	115,32	0,0	40,9
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	14,55	110,28	S	123,26	0,0	13,84
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	26,44	127,74	S	134,33	0,0	5,41
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	42,81	146,4	S	145,15	0,0	2,94
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	63,4	166,51	S	155,76	0,0	1,88
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	88,24	188,27	S	166,17	0,0	1,33

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (KN/m³);  
 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
410,0	339,97	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
339,97	269,94	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
269,94	199,91	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
199,91	129,87	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
129,87	81,2	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
81,2	60,0	18,5	25,0	17,91	14,0	40,0	0,0	
60,0	0,0	18,5	25,0	17,91	14,0	40,0	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	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
0,0	0,28	0,0	0,0	0,28	0,0	0,0	0,0
14,0	0,91	0,0	0,0	0,89	0,22	0,0	0,0
14,0	0,91	0,0	0,0	0,89	0,22	0,0	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	410,0	339,97	2,95	0,0	369,22	339,97
2	339,97	269,94	5,86	0,0	302,05	269,94
3	269,94	199,91	8,78	0,0	232,98	199,91
4	199,91	129,87	11,69	0,0	163,43	129,87
5	129,87	81,2	9,84	0,0	104,96	81,2
6	81,2	60,0	1,41	0,35	70,6	70,6
7	60,0	0,0	3,99	1,0	30,0	30,0

#### 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	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

#### Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	44,53	1,35	77,58
Carichi esterni	2,25	7,2	8,24
Peso muro	0,0	30,9	-14,46
Peso fondazione	0,0	30,45	-35,02
Sovraccarico	0,0	12,9	-18,58
Terr. fondazione	0,0	32,24	-43,82
	<b>46,78</b>	<b>115,04</b>	<b>-26,06</b>

Momento stabilizzante -118,21 kNm  
 Momento ribaltante 92,15 kN m

#### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 46,78 kN  
 Forza verticale (P) 256,81 kN

#### Dati palo

Lunghezza 840,0 cm  
 Diametro 50,0 cm  
 Copriferro 5,0 cm  
 Palo trivellato  
 Numero verticali indagate 1  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

#### Stratigrafia palo

##### Strato N° 1

Spessore strato 300,0 cm  
 Peso unità di volume 18,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 50,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa  
 Modulo di reaz. orizzontale 5000,0 KN/m<sup>3</sup>

##### Strato N° 2

Spessore strato 540,0 cm  
 Peso unità di volume 19,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 80,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa

#### Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda 342,15 cm  
 Cedimento del palo 0,0 cm  
 Spostamento in x 1,09 cm  
 Rotazione in testa 0,18 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 777,35 kPa

**Carico limite verticale**

Carico limite di punta (Qp)	285,76 kN
Carico limite laterale (Qs)	801,83 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	721,08 kN
Peso palo (W)	4123,91 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,43

**Verifica palo in testa**

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	256,81 kN
Taglio	46,78 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	256,82 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-109,02 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,0 kN
Misura Sicurezza Taglio	4769,79

**Verifica palo alla profondità di cm 428,00**

Momento	52,81 kNm
Sforzo normale	277,42 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	277,42 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	111,69 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,0 kN
Misura Sicurezza Taglio	4769,79

**Verifiche palo alla profondità di cm 684,29**

Momento	20,81 kNm
Sforzo normale	289,74 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	289,73 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	113,27 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	397,0 kN
Misura Sicurezza Taglio	4769,79

**MENSOLA A VALLE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.      Fx      Fy      M      H

25,0      0,0      3,31      0,41      60,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	0,02	208,76	S	191,57	0,0	57,87

**MENSOLA A MONTE**

Xprogr.      Ascissa progressiva (cm);  
 Fx      Forza in direzione x (kN);  
 Fy      Forza in direzione y (kN);  
 M      Momento (kNm);  
 H      Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
75,0	-19,39	107,23	-50,14	60,0
180,0	3,99	15,07	-4,38	60,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi      Area dei ferri inferiori.  
 Afs      Area dei ferri superiori.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	19,35	213,69	S	191,57	0,0	1,79
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	4,05	209,79	S	191,57	0,0	12,71

**SISMA STRU+GEO [GEO+STR]**

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0247  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0123

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
410,0	390,4	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	3,0	
390,4	339,97	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
339,97	269,94	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
269,94	199,91	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
199,91	129,87	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
129,87	60,0	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	

**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
3,0	0,3	0,32	0,02	0,3	0,02	0,02	0,0
23,0	0,92	0,95	0,04	0,85	0,36	0,04	0,02
23,0	0,92	0,95	0,04	0,85	0,36	0,04	0,02
23,0	0,92	0,95	0,04	0,85	0,36	0,04	0,02
23,0	0,92	0,95	0,04	0,85	0,36	0,04	0,02
23,0	0,92	0,95	0,04	0,85	0,36	0,04	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	410,0	390,4	0,21	0,01	398,39	398,39
2	390,4	339,97	3,41	1,22	359,92	358,95
3	339,97	269,94	11,83	4,71	300,88	300,62
4	269,94	199,91	20,07	8,21	232,52	232,43
5	199,91	129,87	28,31	11,71	163,19	163,14
6	129,87	60,0	36,46	15,17	93,63	93,6

**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
390,4	0,04	1,47	43,2	400,1
339,97	0,14	5,49	43,7	374,3
269,94	0,29	11,67	44,5	337,2
199,91	0,46	18,54	45,2	299,1
129,87	0,65	26,11	46,0	260,1
60,0	0,85	34,33	46,8	220,4

**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
390,4	0,7	9,48	0,43	31,2
339,97	4,21	14,73	1,41	34,0
269,94	16,19	25,61	7,47	38,0
199,91	36,43	40,69	24,15	42,0
129,87	64,93	59,97	57,07	46,01
60,0	101,59	83,35	111,75	50,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afv Area dei ferri lato valle.  
 Afm Area dei ferri lato monte.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	9,47	98,71	S	115,32	0,0	165,11
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	14,8	110,31	S	123,26	0,0	29,29
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	25,58	127,61	S	134,33	0,0	8,3
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	40,73	146,06	S	145,15	0,0	3,98
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	60,04	165,89	S	155,76	0,0	2,4
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	83,27	187,25	S	166,17	0,0	1,64

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (KN/m³);  
 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
410,0	339,97	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
339,97	269,94	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
269,94	199,91	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
199,91	129,87	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
129,87	81,2	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
81,2	60,0	18,5	25,0	17,91	14,0	40,0	0,0	
60,0	0,0	18,5	25,0	17,91	14,0	40,0	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	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
14,0	0,91	0,94	0,03	0,89	0,22	0,03	0,01
14,0	0,91	0,94	0,03	0,89	0,22	0,03	0,01

**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	410,0	339,97	1,72	0,0	365,46	339,97
2	339,97	269,94	4,53	0,0	301,33	269,94
3	269,94	199,91	7,34	0,0	232,69	199,91
4	199,91	129,87	10,15	0,0	163,27	129,87
5	129,87	81,2	8,71	0,0	104,9	81,2
6	81,2	60,0	0,53	0,08	70,51	70,45
7	60,0	0,0	1,65	0,25	29,37	28,96

**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	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Sollecitazioni total i**

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	34,64	0,33	62,85
Carichi esterni	0,45	8,0	-1,31
Peso muro	0,85	34,33	-14,2
Peso fondazione	0,84	33,84	-38,66
Sovraccarico	0,06	2,58	-3,45
Terr. fondazione	0,8	32,24	-40,39
	<b>37,63</b>	<b>111,32</b>	<b>-35,16</b>

Momento stabilizzante -106,86 kNm  
 Momento ribaltante 71,71 kN m

**Verifica palo max sollecitato**

Forza orizzontale 37,63 kN  
 Forza verticale (P) 221,63 kN

**Dati palo**

Lunghezza 840,0 cm  
 Diametro 50,0 cm  
 Copriferro 5,0 cm  
 Palo trivellato  
 Numero verticali indagate 1  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

**Stratigrafia palo**

**Strato N° 1**

Spessore strato 300,0 cm  
 Peso unità di volume 18,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 50,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa  
 Modulo di reaz. orizzontale 5000,0 KN/m<sup>3</sup>

**Strato N° 2**

Spessore strato 540,0 cm  
 Peso unità di volume 19,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 80,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa

**Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle**

Lunghezza d'onda 342,15 cm  
 Cedimento del palo 0,0 cm  
 Spostamento in x 0,88 cm  
 Rotazione in testa 0,15 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 777,35 kPa

**Carico limite verticale**

Carico limite di punta (Qp)	285,76 kN
Carico limite laterale (Qs)	801,83 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	721,08 kN
Peso palo (W)	4123,91 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,75

**Verifica palo in testa**

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	221,63 kN
Taglio	37,63 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	221,64 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-104,39 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	382,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	3837,6

**Verifica palo alla profondità di cm 428,00**

Momento	42,49 kNm
Sforzo normale	242,24 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	242,24 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	107,11 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	382,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	3837,6

**Verifiche palo alla profondità di cm 684,29**

Momento	16,74 kNm
Sforzo normale	254,56 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale ultimo (Nu)	254,56 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	108,72 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	382,25 kN
Misura Sicurezza Taglio	3837,6

**MENSOLA A VALLE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
25,0	0,0	3,68	0,46	60,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	0,02	208,76	S	191,57	0,0	52,09

**MENSOLA A MONTE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
75,0	-17,16	85,32	-29,94	60,0
180,0	1,65	11,78	-3,32	60,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	17,16	213,13	S	191,57	0,0	2,25
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	1,68	209,18	S	191,57	0,0	16,26

**SISMA EQU [GEO+STR]**

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0247  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0123

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
410,0	390,4	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	3,0	
390,4	339,97	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
339,97	269,94	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
269,94	199,91	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
199,91	129,87	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	
129,87	60,0	19,0	25,0	24,79	20,0	0,0	3,0	

**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
3,0	0,3	0,32	0,02	0,3	0,02	0,02	0,0
23,0	0,92	0,95	0,04	0,85	0,36	0,04	0,02
23,0	0,92	0,95	0,04	0,85	0,36	0,04	0,02
23,0	0,92	0,95	0,04	0,85	0,36	0,04	0,02
23,0	0,92	0,95	0,04	0,85	0,36	0,04	0,02
23,0	0,92	0,95	0,04	0,85	0,36	0,04	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	410,0	390,4	0,21	0,01	398,39	398,39
2	390,4	339,97	3,41	1,17	359,92	358,95
3	339,97	269,94	11,83	4,51	300,88	300,61
4	269,94	199,91	20,07	7,86	232,52	232,43
5	199,91	129,87	28,31	11,21	163,19	163,14
6	129,87	60,0	36,46	14,53	93,63	93,6

**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
390,4	0,04	1,47	43,2	400,1
339,97	0,14	5,49	43,7	374,3
269,94	0,29	11,67	44,5	337,2
199,91	0,46	18,54	45,2	299,1
129,87	0,65	26,11	46,0	260,1
60,0	0,85	34,33	46,8	220,4

**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
390,4	0,7	9,48	0,43	31,2
339,97	4,21	14,67	1,42	34,0
269,94	16,19	25,36	7,51	38,0
199,91	36,43	40,09	24,26	42,0
129,87	64,93	58,88	57,29	46,01
60,0	101,59	81,63	112,11	50,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afv Area dei ferri lato valle.  
 Afm Area dei ferri lato monte.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	9,47	98,71	S	115,32	0,0	165,11
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	14,68	110,3	S	123,26	0,0	29,29
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	25,37	127,58	S	134,33	0,0	8,3
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	40,16	145,97	S	145,15	0,0	3,98
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	58,87	165,67	S	155,76	0,0	2,4
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	81,62	186,91	S	166,17	0,0	1,64

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (KN/m³);  
 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
410,0	339,97	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
339,97	269,94	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
269,94	199,91	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
199,91	129,87	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
129,87	81,2	19,0	0,0	33,87	0,0	0,0	0,0	
81,2	60,0	18,5	25,0	17,91	14,0	40,0	0,0	
60,0	0,0	18,5	25,0	17,91	14,0	40,0	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	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
0,0	0,28	0,3	0,02	0,28	0,0	0,02	0,0
14,0	0,91	0,94	0,03	0,89	0,22	0,03	0,01
14,0	0,91	0,94	0,03	0,89	0,22	0,03	0,01

**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	410,0	339,97	1,72	0,0	365,46	339,97
2	339,97	269,94	4,53	0,0	301,33	269,94
3	269,94	199,91	7,34	0,0	232,69	199,91
4	199,91	129,87	10,15	0,0	163,27	129,87
5	129,87	81,2	8,71	0,0	104,9	81,2
6	81,2	60,0	0,53	0,07	70,51	70,6
7	60,0	0,0	1,65	0,2	29,37	30,0

**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	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Sollecitazioni total i**

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	34,64	0,27	62,98
Carichi esterni	0,45	8,0	-1,31
Peso muro	0,85	34,33	-14,2
Peso fondazione	0,84	33,84	-38,66
Sovraccarico	0,06	2,58	-3,45
Terr. fondazione	0,8	32,24	-40,39
	<b>37,63</b>	<b>111,26</b>	<b>-35,03</b>

Momento stabilizzante -106,73 kNm  
 Momento ribaltante 71,71 kN m

**Verifica palo max sollecitato**

Forza orizzontale 37,63 kN  
 Forza verticale (P) 221,58 kN

**Dati palo**

Lunghezza 840,0 cm  
 Diametro 50,0 cm  
 Copriferro 5,0 cm  
 Palo trivellato  
 Numero verticali indagate 1  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7  
 Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

**Stratigrafia palo**

**Strato N° 1**

Spessore strato 300,0 cm  
 Peso unità di volume 18,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 50,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa  
 Modulo di reaz. orizzontale 5000,0 KN/m<sup>3</sup>

**Strato N° 2**

Spessore strato 540,0 cm  
 Peso unità di volume 19,5 KN/m<sup>3</sup>  
 Angolo di attrito 22,0 °  
 Coesione 80,0 kPa  
 Modulo di elasticità 0,0 kPa

**Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle**

Lunghezza d'onda 342,15 cm  
 Cedimento del palo 0,0 cm  
 Spostamento in x 0,88 cm  
 Rotazione in testa 0,15 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 777,35 kPa

#### Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	285,76 kN
Carico limite laterale (Qs)	801,83 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	721,08 kN
Peso palo (W)	4123,91 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,75

#### Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm	
Sforzo normale	221,58 kN	
Taglio	37,63 kN	
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>	
Sforzo normale ultimo (Nu)	221,58 kN	
Momento flettente ultimo (Mu)	-104,38 kNm	
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	382,24 kN	
Misura Sicurezza Taglio		3837,6

#### Verifica palo alla profondità di cm 428,00

Momento	42,49 kNm	
Sforzo normale	242,18 kN	
Taglio	0,0 kN	
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>	
Sforzo normale ultimo (Nu)	242,17 kN	
Momento flettente ultimo (Mu)	107,1 kNm	
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	382,24 kN	
Misura Sicurezza Taglio		3837,6

#### Verifiche palo alla profondità di cm 684,29

Momento	16,74 kNm	
Sforzo normale	254,5 kN	
Taglio	0,0 kN	
Area ferri	9,24 cm <sup>2</sup>	
Sforzo normale ultimo (Nu)	254,51 kN	
Momento flettente ultimo (Mu)	108,71 kNm	
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	382,24 kN	
Misura Sicurezza Taglio		3837,6

#### MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
25,0	0,0	3,68	0,46	60,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	0,02	208,76	S	191,57	0,0	52,09

**MENSOLA A MONTE**

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
75,0	-17,16	85,29	-29,88	60,0
180,0	1,65	11,72	-3,29	60,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	17,16	213,13	S	191,57	0,0	2,25
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	1,68	209,18	S	191,57	0,0	16,34

**Verifica fessurazione**

**STATICA SLE [Frequente]**

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	0,003	0,400	311,250	623	Si	1,75	150,00	28,72
Si	0,005	0,400	335,551	712	Si	2,82	150,00	54,74
Si	0,020	0,400	381,284	881	Si	6,33	150,00	176,15
Si	0,055	0,400	421,659	1031	Si	12,81	150,00	449,21
Si	0,121	0,400	457,825	1164	Si	22,37	150,00	906,60
Si	0,221	0,400	481,004	1250	Si	34,94	150,00	1567,81

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	0,001	0,400	481,004	1250	Si	0,15	150,00	9,10

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	0,056	0,400	481,004	1250	Si	7,64	150,00	401,24
Si	0,009	0,400	481,004	1250	Si	1,31	150,00	67,06

**SISMICA SLE [Rara]**

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	--	--	--	--	Si	5,21	150,00	-27,68
Si	--	--	--	--	Si	9,50	150,00	-22,43
Si	0,007	--	351,212	770	Si	3,56	150,00	64,99
Si	0,035	--	412,710	998	Si	9,30	150,00	287,85
Si	0,093	--	453,843	1150	Si	18,19	150,00	698,57
Si	0,186	--	481,004	1250	Si	30,23	150,00	1318,20

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	0,001	--	481,004	1250	Si	0,15	150,00	9,10

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm <sup>2</sup>	Sigma C(+compr.) daN/cm <sup>2</sup>	SigmaC Lim daN/cm <sup>2</sup>	SigmaF Max daN/cm <sup>2</sup>
Si	0,035	--	481,004	1250	Si	5,11	150,00	249,38
Si	0,008	--	481,004	1250	Si	1,07	150,00	59,73

### 3 - VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE MURI IN C.A.

#### 3.1 - INTRODUZIONE AL CALCOLO

##### Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

##### Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

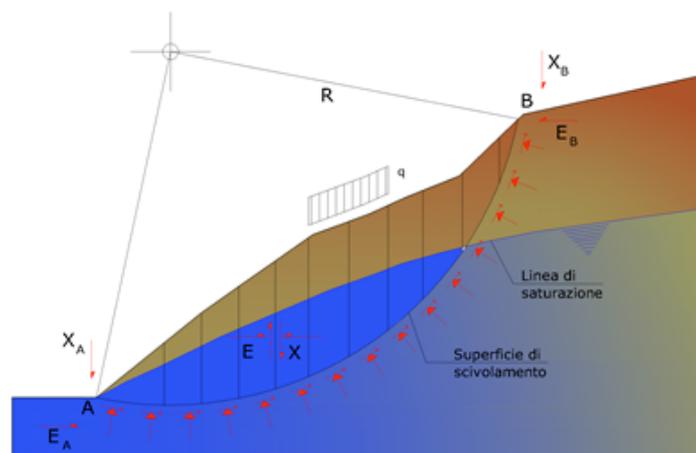
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\varphi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

##### Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



**Metodo dei conci**

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;
- $n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$ ;
- $(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- $(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$ ;
- equazioni relative al criterio di rottura  $n$ .

Totale numero di equazioni  $4n$ .

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quanto si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite. I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

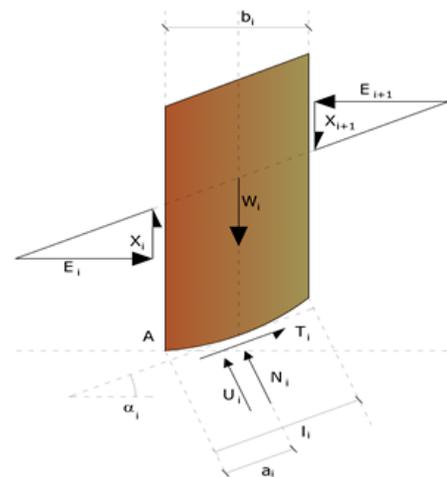
**Metodo di Bishop (1955)**

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \sec \alpha_i}{\sum W_i \times \sin \alpha_i} \times \frac{1}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}$$

I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.



### Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- **F<sub>H</sub>** e **F<sub>V</sub>** rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- **W** peso concio;
- **K<sub>x</sub>** coefficiente sismico orizzontale;
- **K<sub>y</sub>** coefficiente sismico verticale.

### Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

### Informazioni generali sull'elaborazione

<b>Software</b>	SLOPE ver. 2015.6.1217
<b>Prodotto da</b>	GeoStru s.a.s.
<b>Licenza</b>	Ing. Giovanni Di Trapani

### 3.2 - MURO TIPO 1

#### Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1,76 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	11,65 m
Ascissa vertice destro superiore xs	8,74 m
Ordinata vertice destro superiore ys	18,62 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0247
Coefficiente azione sismica verticale	0,0123

#### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-1,0	5,8
2	5,0	5,8
3	5,25	5,8
4	5,6	11,0
5	5,6	11,0
6	15,6	11,0
7	23,4	11,0

#### Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	-1,0	5,8
2	5,0	5,8
3	5,25	5,8
4	5,62	10,7
5	23,4	10,7

#### Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	-1,0	1,92
2	5,6	5,0
3	23,4	13,3

#### Vertici strato .....3

N	X (m)	y (m)
1	-1,0	-1,08
2	5,6	2,0
3	23,4	10,3

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0		40	1937,461	1937,461	Pavimentazione
2	0		30	1937,461	1937,461	Riporto
3	0,255		22	1886,475	1886,475	Argille sabbiose giallastre
4	0,408		22	1988,447	1988,447	Argille limose grigio azzurre

**Pali...**

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	5,25	5	0,6	11,3	90	2	20	--	Tensione tangenziale
2	7,65	5	0,6	11,3	90	2	20	--	Tensione tangenziale

**Carichi concentrati**

N°	x (m)	y (m)	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kg m)
1	5,45	11	0	1060,505	0
2	5,45	11	198,8446	0	198,8446

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	5,6	11	15,6	11	6,628155E-02

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

Fs minimo individuato	20,0
Ascissa centro superficie	4,55 m
Ordinata centro superficie	11,65 m
Raggio superficie	7,77 m

**Numero di superfici esaminate....(131)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	4,6	11,7	7,8	20,00
2	4,9	12,0	7,9	20,00
3	5,3	11,7	7,5	20,00
4	5,6	12,0	7,7	20,00
5	5,9	11,7	7,3	20,00
6	6,3	12,0	7,6	20,00
7	6,6	11,7	7,2	20,00
8	7,0	12,0	7,6	20,00
9	7,3	11,7	7,4	20,00
10	7,7	12,0	7,8	20,00
11	8,0	11,7	7,7	20,00
12	8,4	12,0	8,1	20,00
13	8,7	11,7	8,0	20,00
14	4,6	12,3	8,4	20,00
15	4,9	12,7	8,6	20,00
16	5,3	12,3	8,1	20,00
17	5,6	12,7	8,4	20,00
18	5,9	12,3	8,0	20,00
19	6,3	12,7	8,2	20,00
20	6,6	12,3	7,8	20,00
21	7,0	12,7	8,2	20,00
22	7,3	12,3	8,0	20,00
23	7,7	12,7	8,4	20,00
24	8,0	12,3	8,3	20,00
25	8,4	12,7	8,7	20,00
26	8,7	12,3	8,6	20,00
27	4,6	13,0	9,0	20,00
28	4,9	13,4	9,2	20,00
29	5,3	13,0	8,8	20,00
30	5,6	13,4	9,0	20,00
31	5,9	13,0	8,6	20,00
32	6,3	13,4	8,9	20,00
33	6,6	13,0	8,5	20,00
34	7,0	13,4	8,9	20,00
35	7,3	13,0	8,6	20,00
36	7,7	13,4	9,1	20,00
37	8,0	13,0	8,9	20,00
38	8,4	13,4	9,4	20,00
39	8,7	13,0	9,2	20,00
40	4,6	13,7	9,6	20,00
41	4,9	14,1	9,8	20,00
42	5,3	13,7	9,4	20,00
43	5,6	14,1	9,6	20,00
44	5,9	13,7	9,3	20,00
45	6,3	14,1	9,5	20,00
46	6,6	13,7	9,1	20,00
47	7,0	14,1	9,5	20,00
48	7,3	13,7	9,3	20,00
49	7,7	14,1	9,7	20,00

50	8,0	13,7	9,5	20,00
51	8,4	14,1	10,0	20,00
52	8,7	13,7	9,8	20,00
53	4,6	14,4	10,2	20,00
54	4,9	14,8	10,5	20,00
55	5,3	14,4	10,1	20,00
56	5,6	14,8	10,3	20,00
57	5,9	14,4	9,9	20,00
58	6,3	14,8	10,2	20,00
59	6,6	14,4	9,8	20,00
60	7,0	14,8	10,2	20,00
61	7,3	14,4	10,0	20,00
62	7,7	14,8	10,4	20,00
63	8,0	14,4	10,2	20,00
64	8,4	14,8	10,6	20,00
65	8,7	14,4	10,4	20,00
66	4,9	15,5	11,1	20,00
67	5,3	15,1	10,7	20,00
68	5,6	15,5	11,0	20,00
69	5,9	15,1	10,6	20,00
70	6,3	15,5	10,9	20,00
71	6,6	15,1	10,5	20,00
72	7,0	15,5	10,9	20,00
73	7,3	15,1	10,6	20,00
74	7,7	15,5	11,0	20,00
75	8,0	15,1	10,8	20,00
76	8,4	15,5	11,3	20,00
77	8,7	15,1	11,1	20,00
78	4,9	16,2	11,8	20,00
79	5,3	15,8	11,4	20,00
80	5,6	16,2	11,6	20,00
81	5,9	15,8	11,2	20,00
82	6,3	16,2	11,5	20,00
83	6,6	15,8	11,2	20,00
84	7,0	16,2	11,5	20,00
85	7,3	15,8	11,3	20,00
86	7,7	16,2	11,7	20,00
87	8,0	15,8	11,5	20,00
88	8,4	16,2	11,9	20,00
89	8,7	15,8	11,7	20,00
90	4,9	16,9	12,4	20,00
91	5,3	16,5	12,0	20,00
92	5,6	16,9	12,3	20,00
93	5,9	16,5	11,9	20,00
94	6,3	16,9	12,2	20,00
95	6,6	16,5	11,8	20,00
96	7,0	16,9	12,2	20,00
97	7,3	16,5	11,9	20,00
98	7,7	16,9	12,4	20,00
99	8,0	16,5	12,1	20,00
100	8,4	16,9	12,6	20,00
101	8,7	16,5	12,4	20,00
102	4,9	17,6	13,1	20,00
103	5,3	17,2	12,7	20,00
104	5,6	17,6	13,0	20,00
105	5,9	17,2	12,6	20,00
106	6,3	17,6	12,9	20,00
107	6,6	17,2	12,5	20,00
108	7,0	17,6	12,9	20,00
109	7,3	17,2	12,6	20,00
110	7,7	17,6	13,0	20,00
111	8,0	17,2	12,8	20,00

*Relazione Generale di Calcolo Opere di Sostegno*

---

112	8,4	17,6	13,2	20,00
113	8,7	17,2	13,0	20,00
114	4,9	18,3	13,8	20,00
115	5,3	17,9	13,4	20,00
116	5,6	18,3	13,6	20,00
117	5,9	17,9	13,3	20,00
118	6,3	18,3	13,6	20,00
119	6,6	17,9	13,2	20,00
120	7,0	18,3	13,6	20,00
121	7,3	17,9	13,3	20,00
122	7,7	18,3	13,7	20,00
123	8,0	17,9	13,5	20,00
124	8,4	18,3	13,9	20,00
125	8,7	17,9	13,7	20,00
126	5,3	18,6	14,0	20,00
127	5,9	18,6	13,9	20,00
128	6,6	18,6	13,9	20,00
129	7,3	18,6	14,0	20,00
130	8,0	18,6	14,1	20,00
131	8,7	18,6	14,3	20,00

---

---

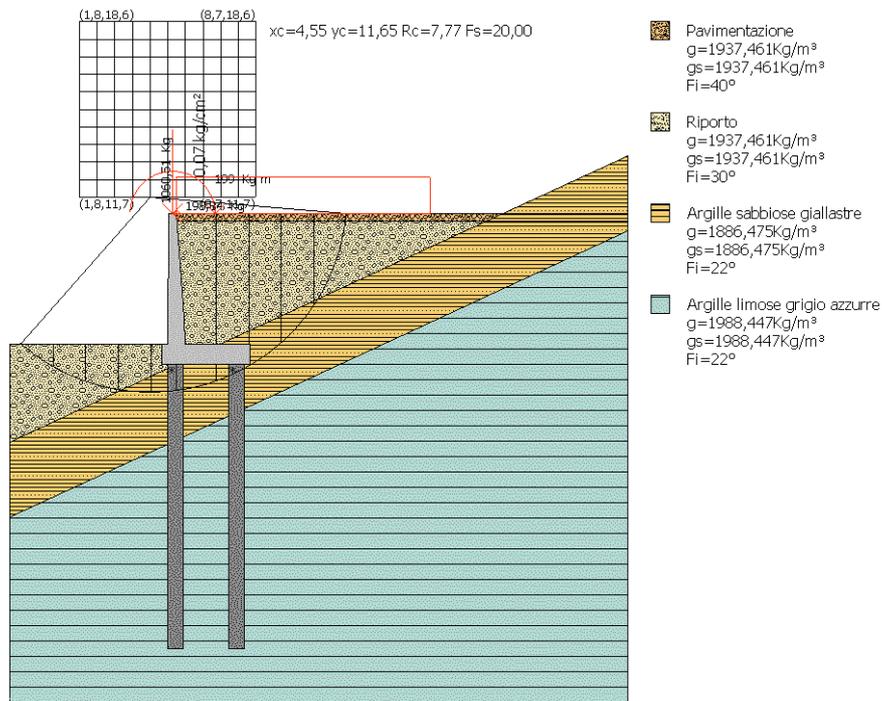
**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

Fs minimo individuato	20,0
Ascissa centro superficie	4,55 m
Ordinata centro superficie	11,65 m
Raggio superficie	7,77 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**xc = 4,553 yc = 11,65 Rc = 7,766 Fs=20,00**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,28	-35,3	1,57	1254,45	30,98	15,43	0,0	24,8	0,0	1554,2	23,9
2	1,28	-24,3	1,41	3074,2	75,93	37,81	0,0	24,8	0,0	3396,3	52,3
3	1,28	-14,2	1,33	4185,17	103,37	51,48	0,0	24,8	0,0	4333,7	66,7
4	1,28	-4,5	1,29	4689,45	115,83	57,68	0,2	17,9	0,0	4715,1	138,4
5	1,02	4,0	1,02	4753,28	117,41	58,47	0,2	17,9	0,0	4756,4	120,5
6	1,55	13,7	1,62	1689,18	535,72	266,78	0,2	17,9	0,0	22235,4	348,2
7	1,28	24,8	1,42	16706,36	412,65	205,49	0,2	17,9	0,0	18266,4	293,0
8	1,28	35,9	1,59	14857,23	366,97	182,74	0,2	17,9	0,0	18116,0	303,0
9	1,28	49,0	1,96	12009,1	296,62	147,71	0,2	17,9	0,0	17919,2	326,1
10	1,28	70,7	3,89	7020,19	173,4	86,35	0,0	24,8	0,0	20349,4	313,3



### 3.3 - MURO TIPO 2

#### Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2,85 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	9,54 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7,65 m
Ordinata vertice destro superiore ys	14,35 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0247
Coefficiente azione sismica verticale	0,0123

#### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2,0	5,6
2	5,0	5,6
3	5,25	5,6
4	5,58	9,1
5	5,58	9,1
6	13,58	9,1
7	18,83	9,1

#### Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	2,0	5,6
2	5,0	5,6
3	5,25	5,6
4	5,59	8,9
5	18,83	8,9

#### Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	2,0	3,33
2	5,58	5,0
3	18,83	11,18

#### Vertici strato .....3

N	X (m)	y (m)
1	2,0	0,33
2	5,58	2,0
3	18,83	8,18

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kN/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0		40	19,0003	19,0003	Pavimentazione
2	0		30	19,0003	19,0003	Riporto
3	50,001		22	18,50029	18,50029	Argille sabbiose giallastre
4	80,001		22	19,50031	19,50031	Argille limose grigio azzurre

**Pali...**

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kN/m <sup>2</sup> )	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	5,25	5	0,5	8,4	90	2	1961,361	--	Tensione tangenziale
2	6,55	5	0,5	8,4	90	2	1961,361	--	Tensione tangenziale

**Carichi concentrati**

N°	x (m)	y (m)	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kN m)
1	5,45	9,1	0	10,40016	0
2	5,45	9,1	1,950031	0	1,950031

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	5,58	9,1	13,58	9,1	6,500103

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

Fs minimo individuato	20,0
Ascissa centro superficie	5,25 m
Ordinata centro superficie	9,54 m
Raggio superficie	4,99 m

**Numero di superfici esaminate....(105)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	5,3	9,5	5,0	20,00
2	5,5	9,8	5,1	20,00
3	5,7	9,5	4,9	20,00
4	6,0	9,8	5,0	20,00
5	6,2	9,5	4,8	20,00
6	6,5	9,8	5,1	20,00
7	6,7	9,5	5,0	20,00
8	6,9	9,8	5,3	20,00
9	7,2	9,5	5,2	20,00
10	7,4	9,8	5,5	20,00
11	7,7	9,5	5,4	20,00
12	5,3	10,0	5,4	20,00
13	5,5	10,3	5,6	20,00
14	5,7	10,0	5,3	20,00
15	6,0	10,3	5,5	20,00
16	6,2	10,0	5,3	20,00
17	6,5	10,3	5,6	20,00
18	6,7	10,0	5,4	20,00
19	6,9	10,3	5,7	20,00
20	7,2	10,0	5,6	20,00
21	7,4	10,3	5,9	20,00
22	7,7	10,0	5,8	20,00
23	5,3	10,5	5,9	20,00
24	5,5	10,7	6,0	20,00
25	5,7	10,5	5,8	20,00
26	6,0	10,7	6,0	20,00
27	6,2	10,5	5,7	20,00
28	6,5	10,7	6,0	20,00
29	6,7	10,5	5,9	20,00
30	6,9	10,7	6,2	20,00
31	7,2	10,5	6,0	20,00
32	7,4	10,7	6,4	20,00
33	7,7	10,5	6,2	20,00
34	5,5	11,2	6,5	20,00
35	5,7	11,0	6,2	20,00
36	6,0	11,2	6,4	20,00
37	6,2	11,0	6,2	20,00
38	6,5	11,2	6,5	20,00
39	6,7	11,0	6,3	20,00
40	6,9	11,2	6,6	20,00
41	7,2	11,0	6,5	20,00
42	7,4	11,2	6,8	20,00
43	7,7	11,0	6,7	20,00
44	5,5	11,7	7,0	20,00
45	5,7	11,5	6,7	20,00
46	6,0	11,7	6,9	20,00
47	6,2	11,5	6,6	20,00
48	6,5	11,7	6,9	20,00
49	6,7	11,5	6,8	20,00

50	6,9	11,7	7,1	20,00
51	7,2	11,5	6,9	20,00
52	7,4	11,7	7,2	20,00
53	7,7	11,5	7,1	20,00
54	5,5	12,2	7,4	20,00
55	5,7	11,9	7,1	20,00
56	6,0	12,2	7,3	20,00
57	6,2	11,9	7,1	20,00
58	6,5	12,2	7,4	20,00
59	6,7	11,9	7,2	20,00
60	6,9	12,2	7,5	20,00
61	7,2	11,9	7,4	20,00
62	7,4	12,2	7,7	20,00
63	7,7	11,9	7,5	20,00
64	5,5	12,7	7,9	20,00
65	5,7	12,4	7,6	20,00
66	6,0	12,7	7,8	20,00
67	6,2	12,4	7,6	20,00
68	6,5	12,7	7,9	20,00
69	6,7	12,4	7,7	20,00
70	6,9	12,7	8,0	20,00
71	7,2	12,4	7,8	20,00
72	7,4	12,7	8,1	20,00
73	7,7	12,4	8,0	20,00
74	5,7	12,9	8,1	20,00
75	6,0	13,1	8,3	20,00
76	6,2	12,9	8,0	20,00
77	6,5	13,1	8,3	20,00
78	6,7	12,9	8,1	20,00
79	6,9	13,1	8,4	20,00
80	7,2	12,9	8,3	20,00
81	7,4	13,1	8,6	20,00
82	7,7	12,9	8,4	20,00
83	5,7	13,4	8,5	20,00
84	6,0	13,6	8,7	20,00
85	6,2	13,4	8,5	20,00
86	6,5	13,6	8,8	20,00
87	6,7	13,4	8,6	20,00
88	6,9	13,6	8,9	20,00
89	7,2	13,4	8,7	20,00
90	7,4	13,6	9,0	20,00
91	7,7	13,4	8,9	20,00
92	5,7	13,9	9,0	20,00
93	6,0	14,1	9,2	20,00
94	6,2	13,9	9,0	20,00
95	6,5	14,1	9,3	20,00
96	6,7	13,9	9,1	20,00
97	6,9	14,1	9,4	20,00
98	7,2	13,9	9,2	20,00
99	7,4	14,1	9,5	20,00
100	7,7	13,9	9,3	20,00
101	5,7	14,3	9,5	20,00
102	6,2	14,3	9,5	20,00
103	6,7	14,3	9,5	20,00
104	7,2	14,3	9,7	20,00
105	7,7	14,3	9,8	20,00

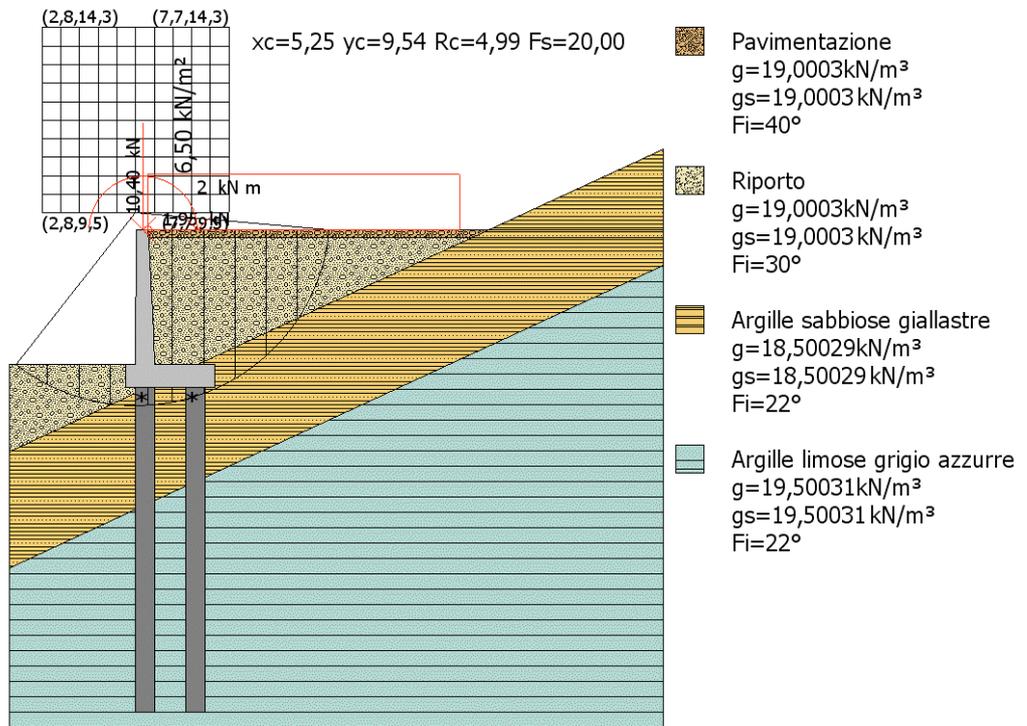
**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

Fs minimo individuato	20,0
Ascissa centro superficie	5,25 m
Ordinata centro superficie	9,54 m
Raggio superficie	4,99 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**xc = 5,25 yc = 9,538 Rc = 4,992 Fs=20,00**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,8	-32,4	0,95	4,32	0,11	0,05	0,0	24,8	0,0	5,2	0,1
2	0,8	-22,0	0,87	10,6	0,26	0,13	0,0	24,8	0,0	11,5	0,2
3	0,8	-12,3	0,82	14,37	0,36	0,18	0,0	24,8	0,0	14,8	0,2
4	0,99	-1,9	0,99	29,99	0,74	0,37	40,0	17,9	0,0	30,1	1,6
5	0,62	7,4	0,63	57,22	1,41	0,7	40,0	17,9	0,0	57,5	1,5
6	0,8	15,8	0,84	71,64	1,77	0,88	40,0	17,9	0,0	73,9	1,9
7	0,8	25,7	0,89	66,98	1,65	0,82	40,0	17,9	0,0	73,4	2,0
8	0,8	36,6	1,0	59,64	1,47	0,73	40,0	17,9	0,0	72,7	2,1
9	0,8	49,5	1,24	48,45	1,2	0,6	40,0	17,9	0,0	71,8	2,4
10	0,8	70,8	2,44	28,55	0,71	0,35	0,0	24,8	0,0	83,1	1,3



## 4 – PIANO DI MANUTENZIONE MURI IN C.A.

Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti, secondo il D.P.R. 554/99 e le N.T.C. 2008.

Il manuale d'uso, il manuale di manutenzione ed il programma di manutenzione previsti dal decreto legislativo vengono sviluppati tenendo anche in considerazione i criteri dettati dalle norme *UNI*.

1. Il piano di manutenzione è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

2. Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, ed è costituito dai seguenti documenti operativi:

- a) il manuale d'uso;
- b) il manuale di manutenzione;
- c) il programma di manutenzione;

Trattandosi nel caso specifico della progettazione di Opere di Sostegno con struttura in cemento armato, nel seguito si farà riferimento a questa particolare tipologia di opera, fornendo le indicazioni necessarie per una corretta manutenzione edile.

### 4.1 - MANUALE D'USO

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti del bene, ed in particolare degli impianti tecnologici. Il manuale contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici. **Il manuale d'uso contiene le seguenti informazioni:**

#### **Collocazione**

L'intervento in esame prevede la costruzione di una Opera di Sostegno, ubicata nel Comune di Sant'Angelo Muxaro (Prov. Agrigento).

Riguardo alla tipologia dell'opera, si è scelto di realizzare un tipo di muro a: **mensola in c.a. con fondazione indiretta su pali.**

#### **Descrizione**

Le Opere di Sostegno hanno la funzione di contrastare la spinta del terreno, di sostenere un fronte di terreno instabile quando quest'ultimo non si può disporre secondo la pendenza di natural declivio.

La scelta della tipologia di opera adottata è stata effettuata secondo dei requisiti di funzionalità e delle caratteristiche meccaniche del terreno, delle sue condizioni di stabilità, di quella dei materiali di riporto, dell'incidenza sulla sicurezza di dispositivi complementari, quali rinforzi, drenaggi, tiranti ed ancoraggi, e delle fasi costruttive.

E' necessario che sia garantita la sicurezza, dell'opera con adeguati margini di sicurezza, nelle diverse combinazioni di carico delle azioni, anche nel caso di parziale perdita d'efficacia di questi particolari dispositivi.

Nei muri di sostegno, il terreno di riempimento a tergo del muro deve essere posto in opera con opportuna tecnica di costipamento e deve avere una opportuna granulometria, in modo da consentire drenaggio efficiente.

E' consentito l'utilizzo di geotessili, da interporre tra il terreno in sede e quello di riempimento, con funzione di separazione e filtrazione.

### **Rappresentazione grafica**

Per i dettagli tecnici fare riferimento alle tavole allegate (Disegni Esecutivi).

### **Modalità di uso corretto**

Non è consentito apportare modifiche o comunque compromettere l'integrità delle strutture per nessun motivo. Occorre controllare periodicamente il grado di usura delle parti a vista, al fine di riscontrare eventuali anomalie, come presenza di lesioni, rigonfiamenti, avallamenti, fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. In caso di accertata anomalia occorre consultare al più presto un tecnico abilitato.

## **4.2 - MANUALE DI MANUTENZIONE**

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti del bene ed in particolare degli impianti tecnologici. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio. **Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:**

### **Risorse necessarie per l'intervento manutentivo**

Per eseguire le manutenzioni, contemplate nel presente piano di manutenzione dell'opera, occorre affidarsi ad idonea impresa edile.

### **Livello minimo delle prestazioni**

Le strutture in c.a. devono garantire la durabilità nel tempo in funzione della classe di esposizione prevista in fase di progetto, in modo da garantire la giusta resistenza alle diverse sollecitazioni di esercizio previste in fase di progettazione. Esse devono garantire stabilità, resistenza e durabilità nel tempo. Gli elementi strutturali non dovranno presentare fessurazioni o altre alterazioni superficiali.

Per i livelli minimi prestazionali si rimanda alle norme vigenti in materia al momento della progettazione.

### **Anomalie riscontrabili:**

**Cedimenti:** cedimenti dovute a cause diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione.

**Lesioni:** si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza ed il tipo.

**Fessurazioni:** presenza di rotture singole, ramificate, ortogonali o parallele all'armatura, che possono interessare l'intero spessore dell'elemento strutturale (parete di elevazione, mensola di fondazione, pali, tiranti, etc.), e comportare lo spostamento reciproco delle parti.

**Umidità:** presenza di umidità dovuta spesso a risalita capillare con comparsa di macchie dovute ad assorbimento di acqua.

**Erosione superficiale:** asportazione di materiale dalla superficie, dovuta a processi di natura diversa.

Quando siano note le cause del degrado, possono essere utilizzati anche termini come: erosione per abrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

**Esposizione dei ferri di armatura:** distacchi di parte di calcestruzzo superficiale (copriferro) ed esposizione dei relativi ferri di armatura a fenomeni di corrosione, per l'azione degli agenti atmosferici.

**Patina biologica:** strato sottile, morbido ed omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere e terriccio.

### **Manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente**

Nessuna manutenzione può essere eseguita direttamente dall'utente, se non i controlli a vista dello stato di conservazione del manufatto, trattandosi di lavori da affidare a impresa edile. In particolare, potrà essere individuata l'eventuale presenza di processi di corrosione con progressiva riduzione del copriferro, o la comparsa di lesioni e fessurazioni.

### **Manutenzioni eseguibili a cura di personale specializzato**

In seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), occorrerà consultare tecnici qualificati, per effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture. Una volta individuate la causa/effetto del dissesto, occorrerà procedere al consolidamento delle parti necessarie, a secondo del tipo di dissesto riscontrato.

#### **4.3 - PROGRAMMA DI MANUTENZIONE**

Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporalmente o programmate al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. **Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:**

##### **Sottoprogramma delle Prestazioni**

Il sottoprogramma delle Prestazioni prende in considerazione, per ciascuna classe di requisito di seguito riportata, le prestazioni fornite dall'opera nel corso del suo ciclo di vita.

##### Stabilità

Le opere di sostegno dei terreni, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e variabili devono assicurare stabilità e resistenza. Deve essere assicurata la stabilità rispetto a tutti i meccanismi di stato limite, quali, scorrimento sul piano di posa, ribaltamento, rottura per carico limite dell'insieme fondazione-terreno, stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

Le strutture di fondazione devono essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti, dovuti all'azione di sollecitazioni, quali ad esempio carichi e forze sismiche.

I cedimenti al di sotto della fondazione dell'opera devono essere controllati, considerando un adeguato spessore di terreno.

In presenza di costruzioni preesistenti, interagenti con l'opera di sostegno, il comportamento di quest'ultima deve garantirne i previsti livelli di funzionalità e stabilità. In particolare, si devono valutare gli spostamenti del terreno a tergo dell'opera e verificare la loro compatibilità con le condizioni di sicurezza e funzionalità delle costruzioni preesistenti.

##### **Sottoprogramma dei Controlli**

Il sottoprogramma dei Controlli definisce il programma delle verifiche e dei controlli, al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita dell'opera. Per i controlli di seguito riportati è previsto, esclusivamente, un tipo di controllo a vista.

##### Controllo della integrità delle opere in c.a.

Il controllo dell'integrità delle opere in c.a., va eseguito individuando la presenza di eventuali anomalie come: fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Frequenza del controllo: annuale.

##### Verifica dello stato del calcestruzzo

La verifica dello stato del calcestruzzo, va effettuato controllando il degrado e/o eventuali processi di carbonatazione. Frequenza del controllo: annuale.

##### Controllo delle parti in vista dell'opera

Le parti in vista dell'opera, vanno controllate al fine di ricercare eventuali anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali (fessurazioni, lesioni, ecc.). Frequenza del controllo: annuale.

### Controlli strutturali dettagliati

Controlli strutturali approfonditi vanno effettuati in occasione di manifestazioni e calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.) o manifestarsi di smottamenti circostanti. Frequenza del controllo: all'occorrenza.

### **Sottoprogramma degli Interventi di Manutenzione**

Il sotto programma degli interventi di manutenzione, riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene. Nel caso delle Opere di Sostegno si prevedono i seguenti interventi:

#### Interventi sull'opera

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato. La diagnosi deve essere resa dal tecnico abilitato che riporterà, in elaborati esecutivi, gli interventi necessari. Frequenza del controllo: all'occorrenza.

#### Consolidamento dell'opera

Consolidamento dell'opera, in seguito ad eventi straordinari (dissesti, cedimenti) o a cambiamenti di destinazione o dei sovraccarichi. Anche tale intervento va progettato da tecnico abilitato ed eseguito da impresa idonea. Frequenza del controllo: all'occorrenza.

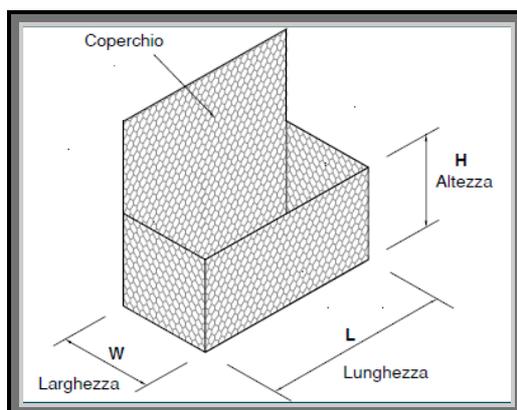
Il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione redatti in fase di progettazione sono sottoposti a cura del direttore dei lavori, al termine della realizzazione dell'intervento, al controllo ed alla verifica di validità, con gli eventuali aggiornamenti resi necessari dai problemi emersi durante l'esecuzione dei lavori.

## 5 - CALCOLO MURI IN GABBIONI

### 5.1 - GENERALITÀ

I muri in gabbioni sono un particolare tipo di opere di sostegno a gravità a struttura modulare realizzati mediante l'assemblaggio di elementi parallelepipedi in rete metallica (gabbioni) riempiti con pietrame direttamente in cantiere.

I gabbioni sono formati da teli di rete di acciaio a maglia esagonale a doppia torsione, hanno una larghezza di 1,00 m ed un'altezza di 1,00 m; mentre la lunghezza è variabile da 1,50 a 4,00 m.



La maglia della rete delle dimensioni 8x10 cm è tessuta con filo  $\varnothing$  2,7 mm, presenta una bordatura perimetrale realizzata con filo di diametro maggiore a quella dei fili interni.

La doppia torsione dei fili impedisce il rapido propagarsi di smagliature in seguito alla rottura accidentale di un filo, come verificato sperimentalmente: nelle prove con filo tagliato il carico di rottura a trazione è pari a solo il 65% di quello della rete integra, contro il 25% di quella a semplice torsione.

Per il calcolo della spinta del terreno si ricorre al metodo di Coulomb, basato sull'equilibrio elastico di un ammasso indeformabile di terreno, noto come cuneo di spinta, considerando gli eventuali effetti dovuti alle azioni sismiche.

In appendice si riportano le verifiche effettuate con il programma **CPG WALL 09** - Rel. 1.0, prodotto dalla Maccaferri S.p.A. per conto del Consorzio Italiano Produttori Gabbioni, per le tipologie di muri con altezze 3,00-4,00 m.

Le verifiche per scorrimento sul piano di posa e collasso per carico limite sono effettuate secondo l'approccio 1 (A1+M1+R1) e (A2+M2+R2) ;

Le verifiche a ribaltamento sono state effettuate secondo l'approccio 1 (EQU+M2+R1);

La verifica di stabilità globale è stata effettuata secondo l'approccio 1 (A2+M2+R2);

### Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di  $K_A$ :

$\delta < (\beta - \phi - \varepsilon)$  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;

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

$H$  Altezza della parete.

### Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

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

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

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:  $K_h = \beta_m \times (a_{max}/g)$   
 $K_v = \pm 0,5 \times K_h$

$\beta_m$  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.

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

$S$  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:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

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.

## 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:

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

dove

$Q$  = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

$$P_q = K_A \times Q \times \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \epsilon)}$$

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

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

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:

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

dove:

$H$  altezza muro

$k_v$  coefficiente sismico verticale

$\gamma$  peso per unità di volume del terreno

$K$  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  $\theta$  della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

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

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

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

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

**5.2 - MURO IN GABBIONI TIPO I ( $H \leq 4,00M$ )**

Si riportano i tabulati di stampa:

**CPG wall 09 – Rel. 1.0**  
 Consorzio Italiano Produttori gabbioni  
 Largo Toniolo Giuseppe, 6 - 00186 Roma  
 Tel. 06.68804873 - Fax 06.6872482

Progetto: Impianto Depurativo  
 Località: Sant'Angelo Muxaro  
 Pratica: P247  
 File: Gabion structure H=4,00.cpg  
 Verifiche condotte in accordo alla normativa :Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008  
 Verifiche nei confronti dello SLU

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI**

<b>Terreno : FA</b>	Descrizione : Formazione alterata argille limose	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ]:	10.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]:	22.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	:	0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]:	18.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]:	18.50
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ]:	0.00
Coefficiente di Poisson.....	:	0.30
<b>Terreno : GB</b>	Descrizione : Gabion filling	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ]:	12.50
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]:	40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	:	0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]:	20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]:	20.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ]:	0.00
Coefficiente di Poisson.....	:	0.30
<b>Terreno : RIEMPIMENTO</b>	Descrizione :	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ]:	0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]:	30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	:	0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]:	19.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]:	19.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ]:	0.00
Coefficiente di Poisson.....	:	0.30

**PROFILI STRATIGRAFICI**

**Strato: ARGILLA**

Descrizione:

Terreno : FA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	3.00	10.00	4.50	20.00	6.00		

**Strato: RIPORTO**

Descrizione:

Terreno : RIEMPIMENTO

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
10.00	4.50	11.00	8.00	20.00	8.00		

**Muro : MURO IN GABBIONI**

Coordinate Origine .....[m].....: Ascissa.....= 10.00 Ordinata.....= 4.00  
 Rotazione muro..... [°].....= 3.00

Materiale riempimento gabbioni.....: GB  
 Terreno di riempimento a tergo.....: RIEMPIMENTO  
 Terreno di copertura.....: RIEMPIMENTO  
 Terreno di fondazione.....: FA

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]
1	3.00	1.00	0.00
2	2.00	1.00	0.00
3	1.50	1.00	0.00
4	1.00	1.00	0.00

**CARICHI**

**Pressione : STRADALE**

Descrizione : Stradale

Classe : Variabile - favorevole

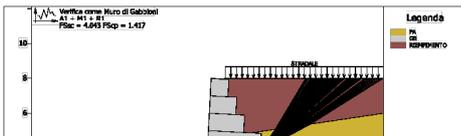
Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>]...= 20.00      Inclinazione.....[°].....= 0.00  
 Ascissa.....[m]      : Da = 11.00 To = 20.00

N.B. in condizione sismica il sovraccarico stradale è stato ridotto al 50%

**Sisma :**

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>].....: Orizzontale.....= 0.25      Verticale.....= 0.12

**VERIFICHE - Condizione Statica**



**Verifica come muro di sostegno :**

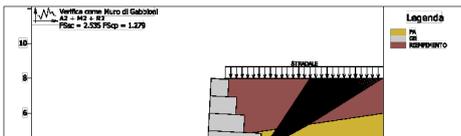
Combinazione di carico : A1 + M1 + R1

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	147.15
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	36.40
Classe scorrimento.....	Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		4.043
Pressione Ammissibile.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	150.00
Pressione massima agente.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	105.85
Classe pressione.....	Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		1.417

Fattore	Classe
0.00	Variabile - favorevole
0.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante

**VERIFICHE - Condizione Statica**



**Verifica come muro di sostegno :**

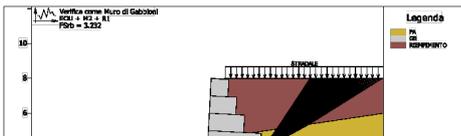
Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	120.99
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	47.72
Classe scorrimento.....	Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		2.535
Pressione Ammissibile.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	150.00
Pressione massima agente.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	117.27
Classe pressione.....	Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		1.279

Fattore	Classe
0.00	Variabile - favorevole
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante

**VERIFICHE - Condizione Statica**



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m]...: 347.79

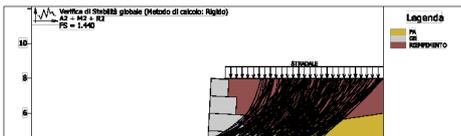
Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m]...: 107.62

Classe ribaltamento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza sul ribaltamento.....: 3.232

Fattore	Classe
0.00	Variabile - favorevole
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
0.90	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

**VERIFICHE - Condizione Statica**



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

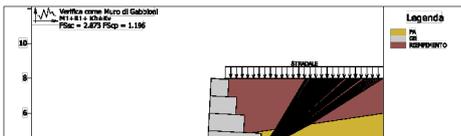
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.440

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	9.00	13.00	20.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		50	
Numero totale superfici di prova.....:		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
0.00	Variabile - favorevole
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità

**VERIFICHE - Condizione Sismica**



**Verifica come muro di sostegno :**

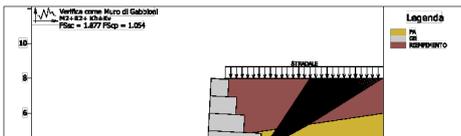
Combinazione di carico : M1+R1+ Kh+Kv

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	159.11
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	55.38
Classe scorrimento.....	Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		2.873
Pressione Ammissibile.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	150.00
Pressione massima agente.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	125.38
Classe pressione.....	Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		1.196

Fattore	Classe
1.00	Variabile - favorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante

**VERIFICHE - Condizione Sismica**



**Verifica come muro di sostegno :**

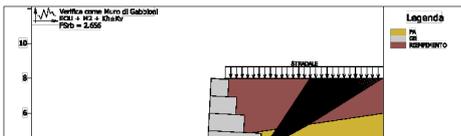
Combinazione di carico : M2+R2+ Kh+Kv

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	130.69
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	69.62
Classe scorrimento.....	Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....	1.877	
Pressione Ammissibile.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	150.00
Pressione massima agente.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	142.25
Classe pressione.....	Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....	1.054	

Fattore	Classe
1.00	Variabile - favorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante

**VERIFICHE - Condizione Sismica**



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m]...: 434.08

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m]...: 163.45

Classe ribaltamento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza sul ribaltamento.....: 2.656

Fattore	Classe
1.00	Variabile - favorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

**VERIFICHE - Condizione Sismica**



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : M2+R2+ Kh+Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.330

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	9.00	13.00	20.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		50	
Numero totale superfici di prova.....:		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
1.00	Variabile - favorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità

### 5.3 - MURO IN GABBIONI TIPO 2 (H = 3,00M)

Si riportano i tabulati di stampa:

#### CPG wall 09 – Rel. 1.0

Consorzio Italiano Produttori gabbioni  
Largo Toniolo Giuseppe, 6 - 00186 Roma  
Tel. 06.68804873 - Fax 06.6872482

Progetto: Impianto Depurativo

Località: Sant'Angelo Muxaro

Pratica: P247

File: Gabion structure H=3,50.cpg

Verifiche condotte in accordo alla normativa :Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008

Verifiche nei confronti dello SLU

#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

<b>Terreno : FA</b>	Descrizione : Formazione alterata argille limose
Classe coesione.....	Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 10.00
Classe d'attrito.....	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 22.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 18.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 18.50
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30
<b>Terreno : GB</b>	Descrizione : Gabion filling
Classe coesione.....	Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 12.50
Classe d'attrito.....	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 20.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

**PROFILI STRATIGRAFICI**

**Strato: ARGILLA**

Terreno : FA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	3.00	10.00	4.00	10.50	4.00	11.00	7.00	20.00	7.00

**Muro : MURO IN GABBIONI**

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 10.00 Ordinata.....= 4.00

Rotazione muro..... [°].....= 3.00

Materiale riempimento gabbioni.....: GB

Terreno di riempimento a tergo.....: FA

Terreno di copertura.....: FA

Terreno di fondazione.....: FA

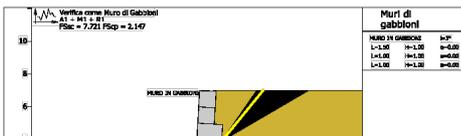
Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]
1	1.50	1.00	0.00
2	1.00	1.00	0.00
3	1.00	1.00	0.00

**CARICHI**

**Sisma :**

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>].....: Orizzontale.....= 0.25 Verticale.....= 0.12

**VERIFICHE - Condizione Statica**



**Verifica come muro di sostegno :**

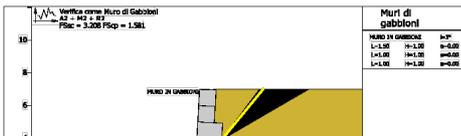
Combinazione di carico : A1 + M1 + R1

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....:	51.59
Forza Instabilizzante.....[kN/m].....:	6.68
Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....:	7.721
Pressione Ammissibile.....[kN/m <sup>2</sup> ].....:	150.00
Pressione massima agente.....[kN/m <sup>2</sup> ].....:	69.87
Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....:	2.147

Fattore	Classe
0.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante

**VERIFICHE - Condizione Statica**



**Verifica come muro di sostegno :**

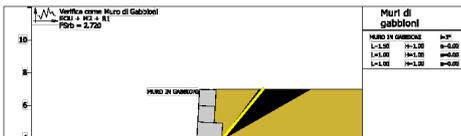
Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	43.33
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	13.51
Classe scorrimento.....	Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		3.208
Pressione Ammissibile.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	150.00
Pressione massima agente.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	94.87
Classe pressione.....	Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		1.581

Fattore	Classe
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante

**VERIFICHE - Condizione Statica**



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m]...: 56.34

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m]...: 20.71

Classe ribaltamento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza sul ribaltamento.....: 2.720

Fattore	Classe
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
0.90	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

**VERIFICHE - Condizione Statica**



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

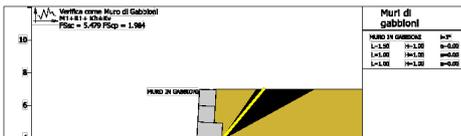
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.470

**Intervallo di ricerca delle superfici**

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	9.00	13.00	20.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		50	
Numero totale superfici di prova.....:		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità

**VERIFICHE - Condizione Sismica**



**Verifica come muro di sostegno :**

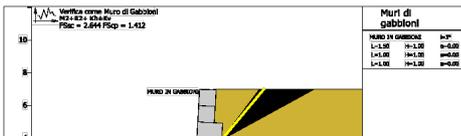
Combinazione di carico : M1+R1+ Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	51.59
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	9.42
Classe scorrimento.....	Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		5.479
Pressione Ammissibile.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	150.00
Pressione massima agente.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	75.62
Classe pressione.....	Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		1.984

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante

**VERIFICHE - Condizione Sismica**



**Verifica come muro di sostegno :**

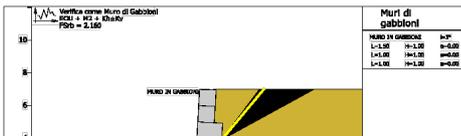
Combinazione di carico : M2+R2+ Kh+Kv

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	43.36
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	16.40
Classe scorrimento.....	Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		2.644
Pressione Ammissibile.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	150.00
Pressione massima agente.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	106.25
Classe pressione.....	Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		1.412

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante

**VERIFICHE - Condizione Sismica**



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : MURO IN GABBIONI

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m]...: 61.60

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m]...: 28.52

Classe ribaltamento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza sul ribaltamento.....: 2.160

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

**VERIFICHE - Condizione Sismica**



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : M2+R2+ Kh+Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.436

**Intervallo di ricerca delle superfici**

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	9.00	13.00	20.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		50	
Numero totale superfici di prova.....:		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità

## 6 – PIANO DI MANUTENZIONE GABBIONI

Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti, secondo il D.P.R. 554/99 e le N.T.C. 2008.

Il manuale d'uso, il manuale di manutenzione ed il programma di manutenzione previsti dal decreto legislativo vengono sviluppati tenendo anche in considerazione i criteri dettati dalle norme *UNI*.

1. Il piano di manutenzione è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

2. Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, ed è costituito dai seguenti documenti operativi:

- a) il manuale d'uso;
- b) il manuale di manutenzione;
- c) il programma di manutenzione;

Trattandosi nel caso specifico della progettazione di Opere di Sostegno con struttura in pietrame, nel seguito si farà riferimento a questa particolare tipologia di opera, fornendo le indicazioni necessarie per una corretta manutenzione edile.

### 6.1 - MANUALE D'USO

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti del bene, ed in particolare degli impianti tecnologici. Il manuale contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici. **Il manuale d'uso contiene le seguenti informazioni:**

#### **Collocazione**

L'intervento in esame prevede la costruzione di una Opera di Sostegno, ubicata nel Comune di Sant'Angelo Muxaro (Prov. Agrigento).

Riguardo alla tipologia dell'opera, si è scelto di realizzare un tipo di muro a: **gabbioni con fondazione diretta.**

#### **Descrizione**

Insieme degli elementi tecnici aventi la funzione di sostenere i carichi derivanti dal terreno e/o da eventuali movimenti franosi. Tali strutture vengono generalmente classificate in base al materiale con il quale vengono realizzate, al principio statico di funzionamento o alla loro geometria.

Le strutture in gabbioni sono opere diffusamente utilizzate nella realizzazione di muri di sostegno di sottoscarpa e di controripa, in ambito di consolidamento di versante, stradale, ferroviario, idraulico ed architettonico.

I gabbioni sono strutture realizzate in rete metallica tessuta con filo di ferro galvanizzato a caldo con rivestimento in lega Zinco-Alluminio e/o polimero plastico in maglia esagonale a doppia torsione. Le strutture vengono riempite in cantiere con pietrame di idonee caratteristiche e pezzatura. L'inerte deve essere posato in modo tale da garantire il raggiungimento delle corrette caratteristiche di peso, porosità e forma della struttura.

I muri in gabbioni agiscono come strutture di sostegno a gravità che realizzano una elevata funzione di drenaggio delle acque.

### **Rappresentazione grafica**

Per i dettagli tecnici fare riferimento alle tavole allegate (Disegni Esecutivi).

### **Modalità di uso corretto**

Controllare la stabilità delle strutture e l'assenza di eventuali anomalie. In particolare la comparsa di segni di dissesti evidenti (fratturazioni, lesioni, principio di ribaltamento, ecc.). In fase di progettazione definire con precisione la spinta "S" derivante dalla massa di terra e le relative componenti. Verificare le condizioni di stabilità relative:

- al ribaltamento;
- allo scorrimento;
- allo schiacciamento;

## **6.2 - MANUALE DI MANUTENZIONE**

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti del bene ed in particolare degli impianti tecnologici. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio. **Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:**

### **Prestazioni da verificare**

Classe di appartenenza: Stabilità opere di sostegno

Descrizione: Stabilità dell'opera in relazione al principio statico di funzionamento.

Livello minimo prestazioni: Essi variano in funzione delle verifiche di stabilità:

- al ribaltamento;
- allo scorrimento;
- allo schiacciamento;
- allo slittamento del complesso terra-muro.

Norme: Legge 5.11.1971, n. 1086; Legge 2.2.1974, n. 64; D.M. Infrastrutture e Trasporti 14.1.2008; C.M. Infrastrutture e Trasporti 2.2.2009, n. 617; UNI EN 12767; UNI EN 1993; UNI EN 1998.

### **Anomalie riscontrabili:**

#### **Anomalia: Schiacciamento**

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Fenomeni di schiacciamento della struttura di sostegno in seguito ad eventi straordinari (frane, smottamenti, ecc.) e/o in conseguenza di errori di progettazione strutturale.

#### **Anomalia: Ribaltamento**

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Fenomeni di ribaltamento della struttura di sostegno in seguito ad eventi straordinari (frane, smottamenti, ecc.) e/o in conseguenza di errori di progettazione strutturale.

#### **Anomalia: Scorrimento**

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Fenomeni di scorrimento della struttura di sostegno (scorrimento terra-muro; scorrimento tra sezioni contigue orizzontali interne) in seguito ad eventi straordinari (frane, smottamenti, ecc.) e/o in conseguenza di errori di progettazione strutturale.

#### **Anomalia: Presenza di vegetazione**

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di licheni, muschi e piante lungo le superficie.

#### **Anomalia: Deformazione**

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Alterazione duratura dell'aspetto o della configurazione di un elemento, misurabile dalla variazione delle distanze fra i suoi punti.

Effetto ed inconvenienti: Elementi piegati, perdita della funzione originaria di protezione, pericolo per l'utenza, instabilità, aspetto degradato.

Cause possibili: Forzature per cause accidentali, difetto di giunzione.

Criterio di intervento: Ripristino integrità elementi.

#### **Controlli generali**

Modalità di esecuzione: Controllare la stabilità delle strutture e l'assenza di eventuali anomalie. In particolare la comparsa di segni di dissesti evidenti. Controllare l'efficacia dei sistemi di drenaggio.

Frequenza: Mesi

Esecutore: Tecnici di livello superiore

#### **Interventi sulle strutture**

Modalità di esecuzione: Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

Frequenza: 0 Quando occorre

### **6.3 - PROGRAMMA DI MANUTENZIONE**

Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporalmente o programmate al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. **Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:**

#### **Sottoprogramma delle Prestazioni**

Il sottoprogramma delle Prestazioni prende in considerazione, per ciascuna classe di requisito di seguito riportata, le prestazioni fornite dall'opera nel corso del suo ciclo di vita.

Classe di appartenenza: Stabilità opere di sostegno

Descrizione: Stabilità dell'opera in relazione al principio statico di funzionamento.

Livello minimo prestazioni: Essi variano in funzione delle verifiche di stabilità:

- al ribaltamento;
- allo scorrimento;
- allo schiacciamento;
- allo slittamento del complesso terra-muro.

Norme: Legge 5.11.1971, n. 1086; Legge 2.2.1974, n. 64; D.M. Infrastrutture e Trasporti 14.1.2008; C.M. Infrastrutture e Trasporti 2.2.2009, n. 617; UNI EN 12767; UNI EN 1993; UNI EN 1998.

#### **Sottoprogramma dei Controlli**

Il sottoprogramma dei Controlli definisce il programma delle verifiche e dei controlli, al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita dell'opera. Per i controlli di seguito riportati è previsto, esclusivamente, un tipo di controllo a vista.

Controllo: Generale

Modalità di esecuzione: Controllare la stabilità delle strutture e l'assenza di eventuali anomalie. In particolare la comparsa di segni di dissesti evidenti. Controllare l'efficacia dei sistemi di drenaggio.

Frequenza: 12 Mesi

Esecutore: Tecnici di livello superiore

#### **Sottoprogramma degli Interventi di Manutenzione**

Il sotto programma degli interventi di manutenzione, riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene. Nel caso delle Opere di Sostegno si prevedono i seguenti interventi:

Manutenzione: Interventi sulle strutture

Modalità di esecuzione: Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

Frequenza: Quando occorre

Note per la corretta esecuzione:

Il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione redatti in fase di progettazione sono sottoposti a cura del direttore dei lavori, al termine della realizzazione dell'intervento, al controllo ed alla verifica di validità, con gli eventuali aggiornamenti resi necessari dai problemi emersi durante l'esecuzione dei lavori.

## 8 - INTERVENTI LOCALI DI RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO

### 8.1 - INTRODUZIONE

Il presente paragrafo ha per oggetto la descrizione degli interventi locali di ripristino e/o consolidamento delle opere esistenti in c.a., nell'ambito della realizzazione del progetto per il completamento dell'impianto di depurazione ubicato nel Comune di Sant'Angelo Muxaro (AG).

Il progettista, nella persona dell'Ing. Vincenzo Rizzo ha ritenuto necessario, condurre una campagna d'indagini sulle strutture al fine di accertare il vero stato di fatto delle stesse, per poter predisporre specifici interventi di ripristino strutturale. A tal fine, il Comune di Sant'Angelo Muxaro ha dato incarico alla società R.T.A. srl di Agrigento, la quale ha condotto una campagna d'indagine in situ al fine di verificare l'attuale consistenza delle stesse. Dalla predetta campagna si è evidenziato quanto segue:

1. **VASCA TRATTAMENTI BIOLOGICI:** la parte ammalorata del calcestruzzo risulta la parte corticale interna della parete esterna, stimata di circa 4-5 cm, che comprende il copriferro sino a metà sezione delle barre verticali, le quali presentano uno stadio avanzato di corrosione così pure la staffatura orizzontale. E' stato eseguito un carotaggio (**V1**), il quale evidenzia buoni valori di resistenza (v.di certificati allegati) che oscillano da 24,5 Mpa a 26 Mpa. Il quadro fessurativo non interessa lo spessore della parete e gli stessi non presentano una instabilità laterale o ulteriori quadri fessurativi;
2. **POZZETTO FANGHI:** Esso risulta incastrato alla base della vasca e presenta una fondazione del tipo diretto. A seguito dello scalzamento del terreno di fondazione, causato dall'azione delle acque piovane non opportunamente regolamentate, si è manifestato nel manufatto una leggera rotazione che ha portato ad un leggero distacco dello stesso dalla vasca. E' stato eseguito un carotaggio (**V2**), il quale evidenzia buoni valori di resistenza (v.di certificati allegati) che oscillano da 23,5 Mpa a 26 Mpa. Non si riscontrano quadri fessurativi che interessano lo spessore delle pareti ad eccezione dei due giunti con la vasca;
3. **MURO DI SOSTEGNO A MONTE:** la parte ammalorata del calcestruzzo risulta la parte corticale lato strada della parte superiore ( $\approx 2,00\text{m}$ ), stimata di circa 2-3 cm, che comprende il copriferro sino a metà sezione delle barre verticali, le quali presentano uno stadio avanzato di corrosione così pure la staffatura orizzontale. E' stato eseguito un carotaggio (**M1**), il quale evidenzia buoni valori di resistenza (v.di allegati) che oscillano da 22 Mpa a 23,5 Mpa. Il quadro fessurativo non interessa lo spessore del muro e gli stessi non presentano una instabilità laterale o ulteriori quadri fessurativi. Si è riscontrato lo scalzamento del terreno di fondazione,

nella parte terminale del muro, causato dall'azione delle acque piovane sulla piattaforma stradale non opportunamente regolamentate;

4. POZZETTO DI SCARICO: Si è riscontrato lo scalzamento del terreno di fondazione, causato dall'azione delle acque piovane non opportunamente regolamentate.

Analizzando i valori ed i dati forniti dall'indagine si è deciso di eseguire le seguenti opere atte a conferire ai singoli elementi strutturali, nella nuova configurazione risanata, un livello tensionale interno adeguato alle resistenze dei calcestruzzi in situ, tale da eliminare la vulnerabilità creata a seguito del degrado, al fine di contrastare l'azione dei carichi statici e dinamici, nonché alla protezione (chimico-fisica) delle stesse nel tempo.

Sinteticamente gli interventi constano delle seguenti lavorazioni, rispettivamente per ciascun elemento interessato (v.di elaborati grafici):

#### INTERVENTO DI RISANAMENTO CLS AMMALORATO

Elemento: Lato interno della parete esterna della vasca dei manufatti biologici, parete in elevazione del muro di sostegno a monte lungo la stradella comunale d'accesso.

Lavorazioni:

- Asportazione della parte degradata del calcestruzzo con demolizione di tutte le parti friabili, incoerenti o in fase di distacco e per una profondità che consenta un riporto di malta di almeno 1cm di spessore dietro le barre;
- spazzolatura manuale delle armature ossidate fino al grado St2 (o sabbiatura meccanica dei ferri d'armatura fino al grado Sa2«) secondo la norma UNI EN ISO 8501-1; con rimozione di tutte le parti copriferro anche leggermente ammalorate e sfarinabili;
- pulizia del sottofondo per eliminare polveri, tracce di olii grassi e disarmanti;
- passivazione dei ferri mediante l'applicazione di due mani di prodotto cementizio, del tipo MasterEmaco P 5000 AP, per la protezione attiva e passiva conforme ai requisiti prestazionali definiti dalla UNI EN 1504-7, senza alterare in alcun modo l'aderenza tra la malta di ripristino e le armature trattate;
- eventuale integrazione e/o sostituzione delle barre d'armatura delle nuove del tipo B450C e dello stesso diametro di quelle esistenti, qualora risultassero fortemente danneggiate o inesistenti;
- stesura di rete elettrosaldada tipo 510 (filo  $\varnothing$ 5 e maglia 10x10cm) in acciaio del tipo B450C o B450A, ancorata alla parete sia alle barre esistenti che con tondini di acciaio  $\varnothing$ 6, infissi nella

parete in numero non inferiore a 4 per metro quadro di parete, previa perforazione con foro  $\varnothing 10$  e riempimento con ancorante chimico tipo HIT-RE 500;

- accurato lavaggio della zona di intervento e successivo ripristino di strutture in calcestruzzo degradato, per almeno 5cm di spessore, mediante applicazione a spruzzo di malta cementizia premiscelata tixotropica, fibrorinforzata e a ritiro compensato, del tipo MasterEmaco S 498 FR, conforme ai requisiti prestazionali definiti dalla UNI EN 1504-3, per malte strutturali di classe R4 di tipo CC e PCC, posto in opera con una resa di 17 kg/mq per centimetro di spessore, previa saturazione delle superfici con getto d'acqua a pressione;
- rasatura delle superfici ricostruite, di cui al punto precedente, effettuata con malta cementizia monocomponente a base di cementi speciali, inerti fini selezionati, resine sintetiche e microsilicati, del tipo MasterEmaco N 405 FC, applicata a spatola con rifinitura a frattazzo di spugna, dello spessore non inferiore a 3 mm.

#### INTERVENTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE INTERNA

Elemento: Pareti della vasca dei manufatti biologici compresi i pozzetti adiacenti.

Lavorazioni:

- Pulizia superficiale del supporto, da eventuali sostanze presenti come polvere, oli, grassi e accertarsi che la medesima sia ben compatta;
- applicazione a rullo o a spruzzo, direttamente sulla struttura da trattare, del rivestimento impermeabilizzante a base di epossidi-bitume, bicomponente, flessibile, ad elevato contenuto di solidi, tipo MasterSeal M 740, sempre in due mani (con un consumo minimo di 0,4 kg/mq per mano), conforme ai requisiti prestazionali definiti dalla UNI EN 1504-2, per sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo, soggette ad aggressioni chimiche, nonché di classe III alla permeabilità al vapore acqueo secondo la UNI EN ISO 7783-1.

#### INTERVENTO DI PROTEZIONE SUPERFICIALE ESTERNA

Elemento: Superfici a vista delle pareti esterne della vasca dei manufatti biologici compresi i pozzetti adiacenti.

Lavorazioni:

- Pulizia superficiale del supporto, da eventuali sostanze presenti come polvere, oli, grassi e accertarsi che la medesima sia ben compatta;
- trattare eventuali lacune di copriferro o screpolature superficiali con malta cementizia monocomponente, tixotropica, tipo MAsterEmaco N 405 FC, previo trattamento delle barre d'armatura con passivante cementizio, tipo MasterEmaco P 500 AP;

- applicazione a rullo o a spruzzo, direttamente sulla struttura da trattare, del rivestimento protettivo elastomerico acrilico all'acqua, tipo MasterProtect 325 EL, sempre in due mani (spessore fil secco almeno 200 micron metri), conforme ai requisiti prestazionali definiti dalla UNI EN 1504-2, per sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo, soggette all'azione delle acque meteoriche.

## INTERVENTO DI CINTURA SUPERIORE

Elemento: Pozzetto fanghi.

Lavorazioni:

- Preparare le barre Ø24 della lunghezza richiesta dritte (non sagomate);
- Realizzazione ai due estremi di ciascuna barra la filettatura per dado M24;
- Preparare la piastra in acciaio secondo le dimensioni indicate, comprese le forature;
- Eseguire la zincatura a caldo delle barre dritte e della due piastre in acciaio;
- Eseguire la perforazione della parete esterna della vasca per l'attraversamento delle barre, in asse all'armatura verticale esistente;
- Sagomare le barre ad "U" e collocarle secondo i disegni, fissandole in modo da rispettare l'equidistanza;
- Inserire le piastre in acciaio all'estremità filettata delle barre, fissarla con i dadi e saldarla alle barre esistenti;
- Riempire il foro "passa barra" con resina epossidica;
- Realizzare la carpenteria della cintura ed eseguire il getto del betoncino.

## INTERVENTO DI SOTTOFONDAZIONE

Elemento: Pozzetto fanghi

Lavorazioni:

- Realizzazione di pali trivellati in c.a. da Ø600 della lunghezza di ml. 16,00;
- Scavo del terreno sotto il pozzetto, con rimozione del cls magro sotto la fondazione;
- Realizzazione della trave in c.a. di collegamento testa pali, a contrasto con la fondazione del pozzetto fanghi.

Elemento: Muro di sostegno a nord e pozzetto di scarico

Lavorazioni:

- Scavo del terreno sotto il pozzetto e nella parte terminale del muro, come da disegni, con rimozione del cls magro sotto la fondazione;
- Getto di calcestruzzo a contrasto con la fondazione dei manufatti.

## 8.2 - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA USARE NEGLI INTERVENTI

I materiali da utilizzarsi per la realizzazione degli interventi che prevedono l'uso di calcestruzzo, delle barre d'armatura e di piastre d'acciaio, devono avere le seguenti caratteristiche:

- **Calcestruzzo con resistenza  $R_{ck} \geq 30$  N/mm<sup>2</sup> e classe d'esposizione XC2**, con dosatura di cemento non inferiore a 300 Kg per mc di miscela, inerti non gelivi aventi granulometria rientrante nel fuso granulometrico di Fuller e nella parte più grossa con pezzatura non superiore a 2,5 cm. Il rapporto acqua cemento non dovrà superare il valore di 0,60 e qualora si rendesse necessaria maggiore fluidità per la lavorazione potranno utilizzarsi idonei additivi;
- **Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C**. All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili e pieghe. E' tollerata una ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto. Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento. Nella posa si dovrà curare il copriferro che non dovrà in nessun punto essere inferiore a 5 cm;
- **Acciaio da carpenteria S355JR**. All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili e pieghe. E' tollerata una ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto. Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento;
- **Bulloneria classe 8.8.**;

I materiali da utilizzarsi per la realizzazione degli interventi che prevedono l'uso di prodotti preconfezionati per il risamento del calcestruzzo, delle barre d'armatura e per l'impermeabilizzazione e protezione degli elementi, devono avere le caratteristiche simili a quelli sotto indicati, previa accettazione da parte della DL:

- **BASF MasterEmaco P 5000 AP**: è un passivante cementizio monocomponente polimero modificato di colore grigio chiaro contenente inibitori di corrosione, rispondente ai principi e ai relativi limiti di accettazione della UNI EN 1504/7;
- **BASF MasterEmaco S 498 FR**: è una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata in aria, resistente agli agenti aggressivi dell'ambiente, contenente fibre in poliacrilonitrile e rinforzata con fibre inorganiche flessibili e durevoli, rispondente ai principi e ai relativi limiti di accettazione della UNI EN 1504/3;
- **BASF MasterEmaco N 405 FC**: è una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, ad

espansione contrastata in aria, resistente agli agenti aggressivi dell'ambiente, contenente fibre in poliacrilonitrile e rinforzata con fibre inorganiche flessibili e durevoli, rispondente ai principi e ai relativi limiti di accettazione della UNI EN 1504/2-3;

- **BASF MasterSeal M 740:** è una resina a base di epossidi-bitume, bicomponente, flessibile, ad elevato contenuto di solidi in volume, capace di realizzare un rivestimento filmogeno ad elevata capacità impermeabilizzante e protettiva nei confronti degli aggressivi chimici del cemento armato, rispondente ai principi e ai relativi limiti di accettazione della UNI EN 1504/2;
- **BASF MasterProtect 325 EL:** è una resina acrilica all'acqua, monocomponente, ad elevato contenuto di solidi in volume, elastica, pronta all'uso e della colorazione RAL a scelta della DL, rispondente ai principi e ai relativi limiti di accettazione della UNI EN 1504/2;
- **BASF Formula Reodinamico B1:** è un betoncino cementizio, premiscelato, reodinamico, ad espansione contrastata in aria, contenente fibre inorganiche, resistente agli agenti aggressivi dell'ambiente, rispondente ai principi e ai relativi limiti di accettazione della UNI EN 1504/3 per malte strutturali tipo R4;
- **SIKA Sikadur 32:** è una resina epossidica fluida e colabile ad elevate prestazioni, rispondente ai principi e ai relativi limiti di accettazione della UNI EN 1504/4;

### 8.3 - CALCOLO ARMATURA INTEGRATIVA PARETI INTERNE VASCA

Nel presente paragrafo si calcolerà l'armatura di rinforzo della parete esterna della vasca (lato interno) per effetto delle pressioni interne esercitate dai fanghi sulla stessa.

Dalla Scienza delle Costruzioni (v.di § 44 del testo Scienza delle costruzioni - Timoshenko Stephan - Editore Viglongo) in un cilindro circolare con parete di spessore costante soggetta alla sola pressione interna, si generano una forza  $\sigma_t$  di trazione normale al raggio ed una forza di compressione  $\sigma_r$  in senso radiale.

Le predette tensioni variano col raggio  $r$  secondo le espressioni:

$$\sigma_r = \frac{a^2 * p_i}{b^2 - a^2} \left( 1 - \frac{b^2}{r^2} \right), \quad \sigma_t = \frac{a^2 * p_i}{b^2 - a^2} \left( 1 + \frac{b^2}{r^2} \right)$$

Queste formule mostrano che la  $\sigma_r$  è sempre una compressione e  $\sigma_t$  sempre una trazione.

Quest'ultima è massima in corrispondenza della superficie interna del cilindro, ove

$$\sigma_{t,max} = \frac{p_i * (a^2 + b^2)}{b^2 - a^2} = 1492 \text{ kN/m}^2$$

$$p_i = \gamma_{G2} * \gamma_{fanghi} * h = 1,5 * 12,0 * 5,30 = 95,40 \text{ kN/m}^2$$

$$a = 6,05 \text{ m}$$

$$b = 6,45 \text{ m}$$

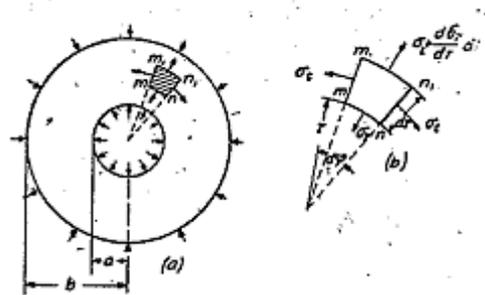
Con riferimento ad un'altezza unitaria (100 cm) ed uno spessore d'intervento di 5 cm, la forza risultante di trazione risulterà:

$$F_t = \sigma_{t,max} * 0,05 * 1,00 = 74,60 \text{ kN}$$

dalla quale discende che l'area complessiva delle barre d'armatura per metro lineare sarà pari a:

$$A_s = F_t / f_y = 74600 / 391 = 190,8 \text{ mm}^2$$

si adotterà, pertanto, una rete elettrosaldata Ø5 maglia 10x10cm, con un area 196 mm<sup>2</sup>.

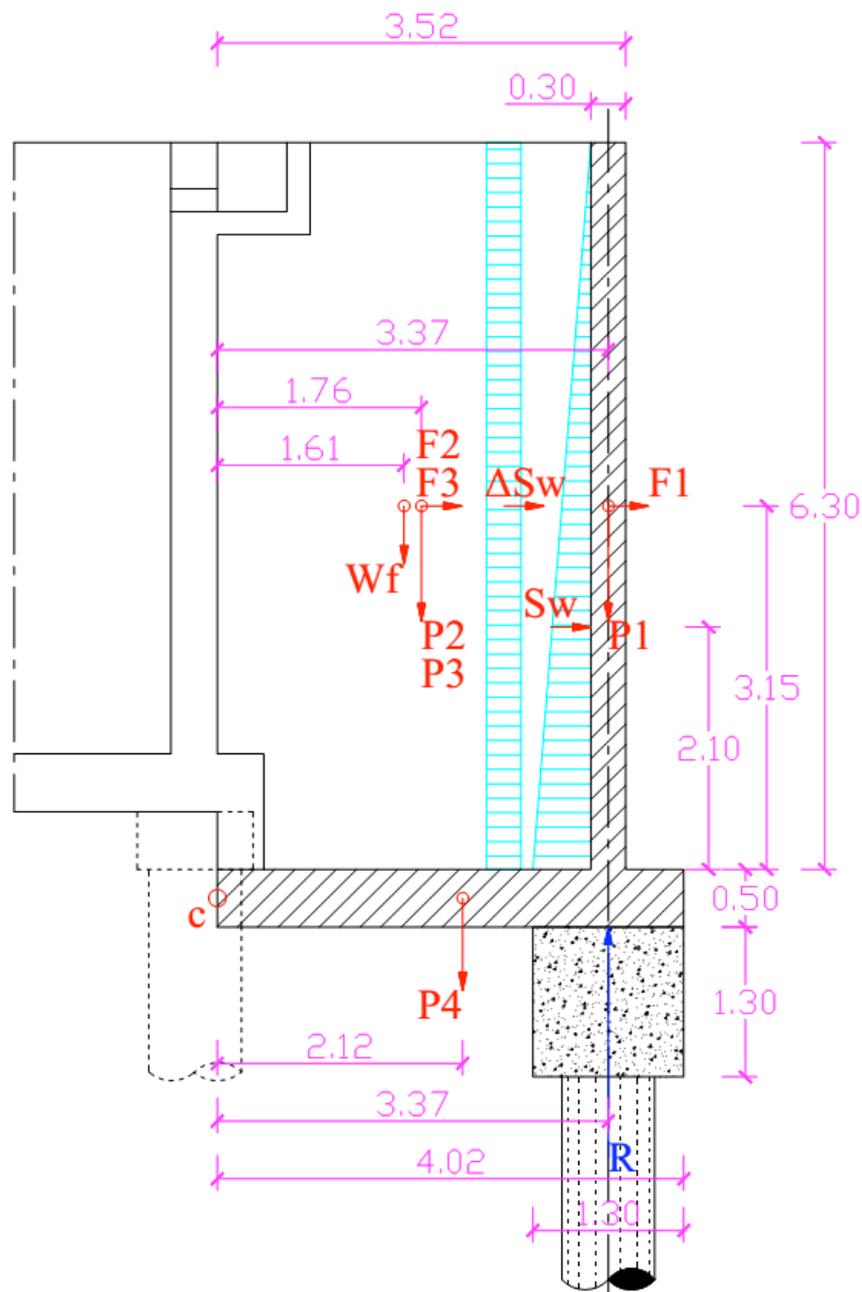


## 8.4 - CALCOLO SOTTOFONDAZIONE POZZETTO FANGHI

### 8.4.1 - INTRODUZIONE AL CALCOLO

La sottofondazione del pozzetto fanghi sarà costituita da trave in c.a. (1,30x1,30x6,00m) sorretta alle due estremità da un palo in c.a. (Ø600 - Sv.=16,00m). Codesto sistema sarà dimensionato per equilibrare il carico trasmesso dal pozzetto attraverso la reazione **R**, ottenuta imponendo l'equilibrio attorno alla cerniera **c**, centro di rotazione del cinematismo accertato, causato dallo scivolamento del terreno di fondazione per effetto delle acque di superficie.

Nelle pagine seguenti si esaminerà sia la condizione statica, sia la condizione sismica, seguendo lo schema rappresentato in figura:



### 8.4.2 - CONDIZIONI STATICHE

#### Azioni verticali ed eccentricità rispetto alla cerniera "c":

$P_1$	Parete frontale pozzetto fanghi: $= \gamma_{G1} * (b * t * h) * \gamma_{cls} = 1,3 * (3,60 * 0,30 * 6,30) * 25,00 = 221,13 \text{ kN}$	$d_1 = 3,37 \text{ m}$
$P_2$	Parete laterale destra pozzetto fanghi: $= \gamma_{G1} * (b * t * h) * \gamma_{cls} = 1,3 * (3,52 * 0,30 * 6,30) * 25,00 = 216,22 \text{ kN}$	$d_2 = 1,76 \text{ m}$
$P_3$	Parete laterale sinistra pozzetto fanghi: $= \gamma_{G1} * (b * t * h) * \gamma_{cls} = 1,3 * (3,52 * 0,30 * 6,30) * 25,00 = 216,22 \text{ kN}$	$d_3 = 1,76 \text{ m}$
$P_4$	Fondazione pozzetto fanghi: $= \gamma_{G1} * (a * b * t) * \gamma_{cls} = 1,3 * (4,02 * 3,60 * 0,50) * 25,00 = 235,17 \text{ kN}$	$d_4 = 2,12 \text{ m}$
$W_f$	Peso fanghi: $= \gamma_{G2} * (a * b * h) * \gamma_{fanghi} = 1,5 * (3,22 * 3,00 * 6,30) * 12,00 = 1095,44 \text{ kN}$	$d_5 = 1,61 \text{ m}$
$S_w$	Spinta idrostatica dei fanghi sulla parete: $= \gamma_{G2} * \left( \frac{1}{2} * \gamma_{fanghi} * h^2 * b \right) = 1,5 * \left( \frac{1}{2} * 12 * 6,30^2 * 3,00 \right) = 1071,63 \text{ kN}$	$d_6 = 2,10 \text{ m}$
	mentre,	
$R$	Reazione palificata	$d_7 = 3,37 \text{ m}$

Imponendo l'equilibrio alla rotazione rispetto alla cerniera "c", si ottiene:

$$\Sigma M_c = 0 \square P_1 * d_1 + P_2 * d_2 + P_3 * d_3 + P_4 * d_4 + W_f * d_5 + S_w * d_6 - R * d_7 = 0$$

quindi la reazione della palificata sarà pari a:

$$R = \frac{P_1 * d_1 + P_2 * d_2 + P_3 * d_3 + P_4 * d_4 + W_f * d_5 + S_w * d_6}{d_7} =$$

$$= \frac{(221,13 * 3,37 + 216,22 * 1,76 + 216,22 * 1,76 + 235,17 * 2,12 + 1095,44 * 1,61 + 1071,63 * 2,10)}{3,37} =$$

$$= 1786,04 \text{ kN}$$

Considerando il peso della trave di collegamento dei pali, pari a:

$$P_t \quad \text{Peso trave:}$$

$$= \gamma_{G1} * (a * b * l) * \gamma_{cls} = 1,3 * (1,30 * 1,30 * 6,00) * 25,00 = 329,55 \text{ kN}$$

su ciascun palo trivellato si desterà un'azione verticale pari a:

$$N_d = (R + P_t) / 2 = (1786,04 + 329,55) / 2 = 1057,80 \text{ kN} \approx \mathbf{1060 \text{ kN}}$$

### 8.4.3 - CONDIZIONI SISMICHE

Si considera, oltre alle azioni verticali, le forze orizzontali pari all'ordinata dello spettro elastico moltiplicato il carico verticale agente:

$$F_i = S_e * P_i = 0,346 * P_i$$

inoltre, si è considerato l'incremento sismico della spinta idrostatica esercitata dai fanghi sulle pareti secondo la teoria di Matsuo e O'Hara (1960).

#### Azioni verticali ed eccentricità rispetto alla cerniera "c":

P <sub>1</sub>	Parete frontale pozzetto fanghi: = $\gamma_{G1} * (b * t * h) * \gamma_{cls} = 1,0 * (3,60 * 0,30 * 6,30) * 25,00 = 170,10 \text{ kN}$	d <sub>1</sub> = 3,37 m
P <sub>2</sub>	Parete laterale destra pozzetto fanghi: = $\gamma_{G1} * (b * t * h) * \gamma_{cls} = 1,0 * (3,52 * 0,30 * 6,30) * 25,00 = 166,32 \text{ kN}$	d <sub>2</sub> = 1,76 m
P <sub>3</sub>	Parete laterale sinistra pozzetto fanghi: = $\gamma_{G1} * (b * t * h) * \gamma_{cls} = 1,0 * (3,52 * 0,30 * 6,30) * 25,00 = 166,32 \text{ kN}$	d <sub>3</sub> = 1,76 m
P <sub>4</sub>	Fondazione pozzetto fanghi: = $\gamma_{G1} * (a * b * t) * \gamma_{cls} = 1,0 * (4,02 * 3,60 * 0,50) * 25,00 = 180,90 \text{ kN}$	d <sub>4</sub> = 2,12 m
W <sub>f</sub>	Peso fanghi: = $\gamma_{G2} * (a * b * h) * \gamma_{fanghi} = 1,0 * (3,22 * 3,00 * 6,30) * 12,00 = 730,29 \text{ kN}$	d <sub>5</sub> = 1,61 m
S <sub>w</sub>	Spinta idrostatica dei fanghi sulla parete: = $\gamma_{G2} * \left( \frac{1}{2} * \gamma_{fanghi} * h^2 * b \right) = 1,0 * \left( \frac{1}{2} * 12 * 6,30^2 * 3,00 \right) = 714,42 \text{ kN}$	d <sub>6</sub> = 2,10 m

#### Azioni sismiche ed eccentricità rispetto alla cerniera "c":

F <sub>1</sub>	Parete frontale pozzetto fanghi: = $0,346 * 170,10 = 58,85 \text{ kN}$	d <sub>7</sub> = 3,15 m
F <sub>2</sub>	Parete laterale destra pozzetto fanghi: = $0,346 * 166,32 = 57,55 \text{ kN}$	d <sub>8</sub> = 3,15 m
F <sub>3</sub>	Parete laterale sinistra pozzetto fanghi: = $0,346 * 166,32 = 57,55 \text{ kN}$	d <sub>9</sub> = 3,15 m
$\Delta S_w$	Incremento della spinta idrostatica dei fanghi sulla parete: = $\gamma_{G2} * \left( \frac{7}{12} * \gamma_{fanghi} * h^2 * b \right) * S_e =$ = $1,0 * \left( \frac{7}{12} * 12 * 6,30^2 * 3,00 \right) * 0,346 = 288,39 \text{ kN}$	d <sub>10</sub> = 3,15 m

mentre,

R Reazione palificata  $d_{11} = 3,37 \text{ m}$

Imponendo l'equilibrio alla rotazione rispetto alla cerniera "c", si ottiene:

$$\Sigma M_c = 0 \square P_1 * d_1 + P_2 * d_2 + P_3 * d_3 + P_4 * d_4 + W_f * d_5 + S_w * d_6 + F_1 * d_7 + F_2 * d_8 + F_3 * d_9 + \Delta S_w * d_{10} - R * d_{11} = 0$$

quindi la reazione della palificata sarà pari a:

$$R = \frac{P_1 * d_1 + P_2 * d_2 + P_3 * d_3 + P_4 * d_4 + W_f * d_5 + S_w * d_6 + F_1 * d_7 + F_2 * d_8 + F_3 * d_9 + \Delta S_w * d_{10}}{d_{11}} =$$

$$= \frac{(170,10 * 3,37 + 166,32 * 1,76 + 166,32 * 1,76 + 180,90 * 2,12 + 730,29 * 1,61 + 714,42 * 2,10 + 58,85 * 3,15 + 57,55 * 3,15 + 57,55 * 3,15 + 288,39 * 3,15)}{3,37} = 1683,86 \text{ kN}$$

Considerando il peso della trave di collegamento dei pali, pari a:

$P_t$  Peso trave:

$$= \gamma_{G1} * (a * b * l) * \gamma_{cls} = 1,0 * (1,30 * 1,30 * 6,30) * 25,00 = 253,50 \text{ kN}$$

su ciascun palo trivellato si desterà un'azione verticale pari a:

$$N_d = (R + P_t) / 2 = (1683,86 + 253,50) / 2 = 968,68 \text{ kN} \approx \mathbf{970 \text{ kN}}$$

#### 8.4.4 - CARICO SUL PALO

Quindi, si assume per il dimensionamento geotecnico il massimo fra le due condizioni di carico:

$$N_{Ed} = \max (N_{statica}; N_{sismica}) = \max (1060; 970) = \mathbf{1060 \text{ kN}}$$

nei seguenti paragrafi si procederà con il dimensionamento strutturale e geotecnico del palo.

#### 8.4.5 - CARICO SULLA TRAVE DI COLLEGAMENTO PALI

Il pozzetto fanghi scaricherà la sua risultante, sulla trave per un tratto centrale pari a 3,60m, quindi il carico distribuito relativo risulterà pari a:

$$q_{pozzetto} = R / 3,60 = 1786,04 / 3,60 = 496,12 \text{ kN/m} \approx \mathbf{500 \text{ kN/m}}$$

Il carico unitario derivante dal peso proprio della trave di collegamento avente sezione 1,30x1,30m, sarà pari a:

$$q_{trave} = 1,00 * 1,30 * 1,30 * 25,00 = \mathbf{42,25 \text{ kN/m}}$$

nei seguenti paragrafi si procederà con il dimensionamento strutturale della trave.

## 8.4.6 - DIMENSIONAMENTO PALO

### Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno. A riguardo, poiché la realizzazione di un palo, sia esso infisso o trivellato, modifica sempre le caratteristiche del terreno nell'intorno dello stesso, si propone di assumere un angolo di resistenza a taglio pari a:

$$\phi' = \frac{3}{4} \phi + 10 \quad \text{nei pali infissi}$$

$$\phi' = \phi - 3^\circ \quad \text{nei pali trivellati}$$

dove  $\phi$  è l'angolo di resistenza a taglio prima dell'esecuzione del palo. Di seguito indicheremo con  $\phi$  il parametro di resistenza scelto.

Ai fini del calcolo, il carico limite  $Q_{lim}$  viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta  $Q_p$  e la resistenza laterale  $Q_l$ .

### Resistenza unitaria alla punta

#### Formula di Terzaghi

La soluzione proposta da Terzaghi assume che il terreno esistente al disopra della profondità raggiunta dalla punta del palo possa essere sostituito da un sovraccarico equivalente pari alla tensione verticale efficace (trascurando pertanto il fatto che l'interazione tra palo e terreno di fondazione possa modificare tale valore) e riconduce l'analisi al problema di capacità portante di una fondazione superficiale.

La formula di *Terzaghi* può essere scritta:

$$Q_p = c \times N_c \times s_c + \gamma \times L \times N_q + 0.5 \times \gamma \times D \times N_\gamma \times s_\gamma$$

dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

#### Metodo di Berezantzev

Fondamentalmente *Berezantzev* fa riferimento ad una superficie di scorrimento "alla Terzaghi" che si arresta sul piano di posa (punta del palo); tuttavia egli considera che il cilindro di terreno coassiale al palo ed avente diametro pari all'estensione in sezione della superficie di scorrimento, sia in parte "sostenuto" per azione tangenziale dal rimanente terreno lungo la superficie laterale. Ne consegue un valore della pressione alla base inferiore a  $\gamma D$ , e tanto minore quanto più questo "effetto silo" è marcato, cioè quanto più grande è il rapporto  $D/B$ ; di ciò tiene conto il coefficiente  $N_q$ , che quindi è funzione decrescente di  $D/B$ .

La resistenza unitaria  $Q_p$  alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito ( $\phi$ ) e di coesione ( $c$ ), è data dall'espressione:

$$Q_p = c \times N_c + \gamma \times L \times N_q$$

Avendo indicato con:

$\gamma$  peso unità di volume del terreno;

$L$  lunghezza del palo;  
 $N_c$  e  $N_q$  sono i fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

### Resistenza del fusto

Il metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale è il metodo  $\alpha$ , proposto da Tomlinson (1971); la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$Q_l = (\alpha c + \sigma K \tan \delta) \cdot Al \cdot f_w$$

$Al$  = superficie laterale del palo;

$f_w$  = fattore di correzione legato alla tronco-conicità del palo, ossia la diminuzione percentuale del diametro del palo con

$c$  = valore medio della coesione (o della resistenza a taglio in condizioni non drenate);

$\sigma$  = pressione verticale efficace del terreno;

$K$  = coefficiente di spinta orizzontale, dipendente dalla tecnologia di esecuzione del palo e dal precedente stato di addensamento, viene calcolato come segue:

Per pali trivellati

$$K = 1 - \sin \phi$$

$\delta$  = attrito palo-terreno funzione della scabrezza della superficie del palo;

Per pali trivellati

$$\delta = \tan \phi$$

$\alpha$  = coefficiente d'adesione ( $\leq 1,0$ )

### Carico limite orizzontale

Il carico limite orizzontale è stato calcolato secondo la teoria sviluppata da Broms il quale assume che il comportamento dell'interfaccia palo-terreno sia di tipo rigido perfettamente plastico, e cioè che la resistenza del terreno si mobiliti interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento a rimanga costante al crescere dello spostamento stesso. Si assume che il comportamento flessionale del palo sia di tipo rigido-perfettamente plastico, vale a dire che le rotazioni elastiche del palo sono trascurabili finché il momento flettente non raggiunge il valore  $M_y$  di plasticizzazione.

Per i terreni coesivi Broms propone di adottare una reazione del terreno costante con la profondità pari a:

$$p = 9 \times c_u \times B$$

con reazione nulla fino alla profondità di 1.5 d; avendo indicato con:

$c_u$  = Coesione non drenata,

$B$  = Diametro del palo

$p$  = Reazione del terreno per unità di lunghezza del palo.

Per i terreni incoerenti si assume che la resistenza vari linearmente con la profondità secondo la legge:

$$p = 3K_p \gamma z B$$

avendo indicato con:

$p$  = Reazione del terreno per unità di lunghezza del palo;

$K_p$  = Coefficiente di spinta passiva;

$\gamma$  = Peso unità di volume del terreno;

$z$  = Profondità;

$B$  = Diametro del palo.

### Palo in condizioni d'esercizio

Analisi del palo in condizioni di esercizio: **Metodo degli elementi finiti.**

Il metodo degli elementi finiti modella il palo di fondazione, sottoposto a carichi trasversali, in modo realistico in quanto fa uso sia degli spostamenti che delle rotazioni ai nodi per definire la linea elastica del palo, pertanto rappresenta il metodo più razionale ed efficace attualmente disponibile per analizzare questo tipo di strutture.

Di seguito si richiamano i fondamenti teorici del metodo indicando con **P** la matrice delle forze nodali esterne, con **F** quella delle forze interne e con **A** la matrice dei coefficienti di influenza che, per l'equilibrio tra forze esterne ed interne, lega le prime due secondo la ben nota forma:

$$\mathbf{P} = \mathbf{A}\mathbf{F}$$

Gli spostamenti interni **e** (traslazioni e rotazioni) dell'elemento nel generico nodo sono legati agli spostamenti esterni **X** (traslazioni e rotazioni) applicati ai nodi, dalla seguente relazione:

$$\mathbf{e} = \mathbf{B}\mathbf{X}$$

dove la matrice **B** è dimostrato essere la trasposta della matrice **A**.

D'altra parte, le forze interne **F** sono legate agli spostamenti interni **e** dalla seguente espressione:

$$\mathbf{F} = \mathbf{S}\mathbf{e}$$

Applicando le consuete sostituzioni, si ottiene:

$$\mathbf{F} = \mathbf{S}\mathbf{A}^T\mathbf{X}$$

e quindi

$$\mathbf{P} = \mathbf{A}\mathbf{F} = \mathbf{A}\mathbf{S}\mathbf{A}^T\mathbf{X}$$

Pertanto, calcolando l'inversa della matrice **A SA<sup>T</sup>** si ricava l'espressione degli spostamenti esterni **X**:

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A}\mathbf{S}\mathbf{A}^T)^{-1}\mathbf{P}$$

Noti, quindi, gli spostamenti **X** è possibile ricavare le forze interne **F** necessarie per il progetto della struttura.

La matrice **A SA<sup>T</sup>** è nota come matrice di rigidezza globale in quanto caratterizza il legame tra spostamenti e forze esterne nodali.

Il metodo ad elementi finiti ha, tra l'altro, il vantaggio di consentire di mettere in conto, come condizioni al contorno, rotazioni e spostamenti noti.

Le reazioni nodali delle molle che schematizzano il terreno vengono considerate come forze globali legate al modulo di reazione e all'area d'influenza del nodo. Nella soluzione ad elementi finiti per pali soggetti a carichi trasversali, il modulo di reazione viene considerato nella forma:

$$k_s = A_s + B_s Z^n$$

o, non volendo far crescere illimitatamente il  $k_s$  con la profondità, nella forma:

$$k_s = A_s + B_s \tan^{-1}(Z/B)$$

nella quale  $Z$  è la profondità e  $B$  è il diametro del palo.

I valori di  $A_s$  e  $B_s Z^n$  sono ottenuti dall'espressione della capacità portante (Bowles) con fattori correttivi  $s_i$ ,  $d_i$ , e  $i_j$  pari a 1:

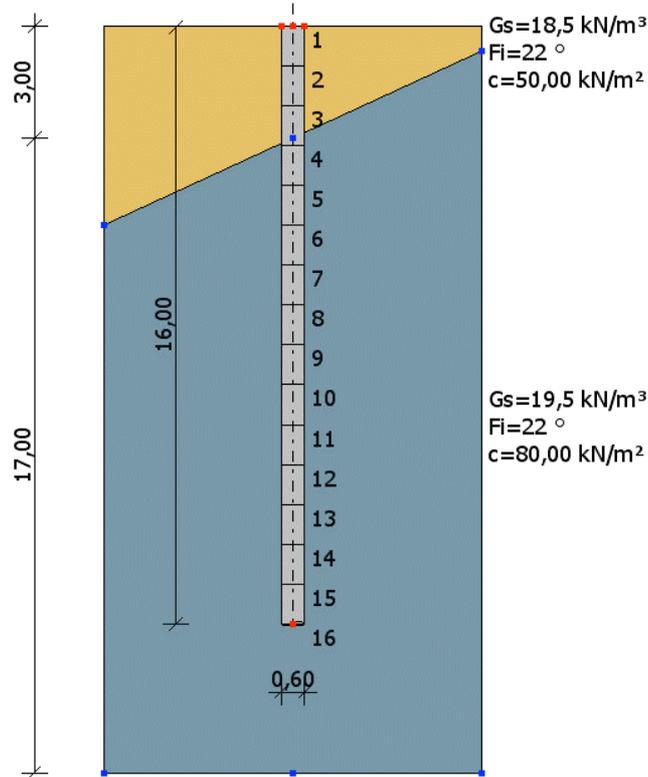
$$k_s = q_{ult}/\Delta H = C(cN_c + 0.5\gamma B N_\gamma)$$

$$B_s Z^n = C(\gamma N_q Z^1)$$

Dove  $C = 40$  è ottenuto in corrispondenza di un cedimento massimo di 25 mm.

**Dati generali...**

Descrizione Palo Pozzetto Fanghi  
 Diametro punta 0,60 m  
 Lunghezza 16,00 m  
 Tipo Trivellato  
 Portanza di punta calcolata con: Berezantzev



**Archivio materiali**

**Conglomerato**

Classe	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
Calcestruzzo						
C25/30	30	31475	25	14,16	1,14	2,56

**Acciaio:**

Classe acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 iniz.	β1*β2 finale
B450C	210000	450	391,3	450	391,3	.075	.0675	1	0,5

**Stratigrafia**

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente adesione attrito laterale. Vs: Velocità onde di taglio.

Nr.	Hs	Peso unità di Volume [kN/m³]	Peso Unità di volume Saturo [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Attrito negativo	Alfa	Descrizione litologica
1	3,00	18,50	18,50	50,00	22,00	No	0,70	Argille sabbiose giallastre
2	17,00	19,50	19,50	80,00	22,00	No	1,00	Argille limose grigio azzurre

**Carico limite**

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kN/m <sup>2</sup> ]	Peso palo [kN]	Carico limite punta [kN]	Carico limite laterale [kN]	Carico limite [kN]	Attrito negativo [kN]	Carico limite orizzontale [kN]
A1+M1+R3	1,00	9,00	0/80,00	117,62	290,94	2158,27	2331,60	--	308,03 [Lungo]

Corto si rompe il terreno senza che la sezione si plasticizzi. Medio si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (una sola cerniera plastica). Lungo si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (due cerniere plastiche).

**RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI**

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione: A1+M1+R3

Numero verticali di indagine 1  
 Fattore correlazione verticale indagate media (xi3) 1,70  
 Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4) 1,70

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	290,94	290,94	290,94
Laterale	2158,27	2158,27	2158,27
Totale=Base+Laterale-Peso palo	2331,60	2331,60	2331,60

Coefficiente parziale resistenza caratteristica R3  
 Base 1,35  
 Laterale 1,15  
 Resistenza di progetto base 126,77 kN  
 Resistenza di progetto laterale 1103,98 kN  
 Resistenza di progetto 1113,13 kN  
 Azioni di progetto 1060,00 kN  
 Fattore sicurezza verticale 1,05

**RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI TRASVERSALI**

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione: A1+M1+R3

Numero verticali di indagine 1  
 Fattore correlazione verticale indagate media (xi3) 1,70  
 Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4) 1,70  
 Momento plasticizzazione 395,35 kNm

Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
308,0277	308,0277	308,0277

Coefficiente parziale resistenza caratteristica 1,3  
 Resistenza di progetto 139,38 kN

**Modello ad elementi finiti**

Max spostamento lineare del terreno	0,050	cm
Tipo analisi	Non lineare	
Massimo numero di iterazioni	10,00	
Fattore di riduzione molla fondo scavo	1,00	
Numero di elementi	15,00	
Nodo sulla superficie del terreno [ $< n^{\circ}$ nodi]	1,00	
Modulo di reazione Ks	Bowles	

**Carichi**

**Forze orizzontali (Fo) positive dirette da destra a sinistra. Forze verticali (Fv) positive dirette verso il basso.**

**Coppie (M) positive orarie.**

Nodo	Fo [kN]	M [kNm]	Fv [kN]
1	265,00 (=0,25*1060)	0,00	1060,00

**ANALISI AD ELEMENTI FINITI [Stratigrafia di riferimento...1]**

El. No	Lunghezza [m]	Ks [kN/m <sup>3</sup> ]	Sforzo normale [kN]	Momento [kNm]	Taglio [kN]	Reazione terreno [kN]	Rotazione (°)	Spostamento [m]	Pressione terreno [kN/m <sup>2</sup> ]
1	1,07	0	1060	0	200,62	64,37	-0,265	0,0115	0
2	1,07	42079,66	1067,84	-214	46,07	154,55	-0,232	0,0067	283,829
3	1,07	42079,66	1075,68	-263,14	-44,79	90,86	-0,159	0,0031	129,457
4	1,07	66488,88	1083,52	-215,36	-77,72	32,93	-0,086	0,0008	53,922
5	1,07	66488,88	1091,37	-132,46	-66,47	-11,25	-0,033	-0,0003	-17,575
6	1,07	66488,88	1099,21	-61,56	-41,97	-24,5	-0,004	-0,0006	-38,285
7	1,07	66488,88	1107,05	-16,79	-20,14	-21,82	0,008	-0,0005	-34,1
8	1,07	66488,88	1114,89	4,7	-6	-14,15	0,01	-0,0003	-22,108
9	1,07	66488,88	1122,73	11,09	1,01	-7	0,008	-0,0002	-10,941
10	1,07	66488,88	1130,57	10,02	3,24	-2,24	0,004	-0,0001	-3,494
11	1,07	66488,88	1138,41	6,56	3,04	0,2	0,002	0	0,318
12	1,07	66488,88	1146,26	3,32	1,99	1,05	0	0	1,638
13	1,07	66488,88	1154,1	1,2	0,94	1,05	0	0	1,634
14	1,07	66488,88	1161,94	0,19	0,24	0,71	-0,001	0	1,107
15	1,07	66488,88	1169,78	-0,06	-0,06	0,29	-0,001	0	0,46
16	1,07	66488,88	1177,62	0	0	0	0	0	0

**ARMATURE**

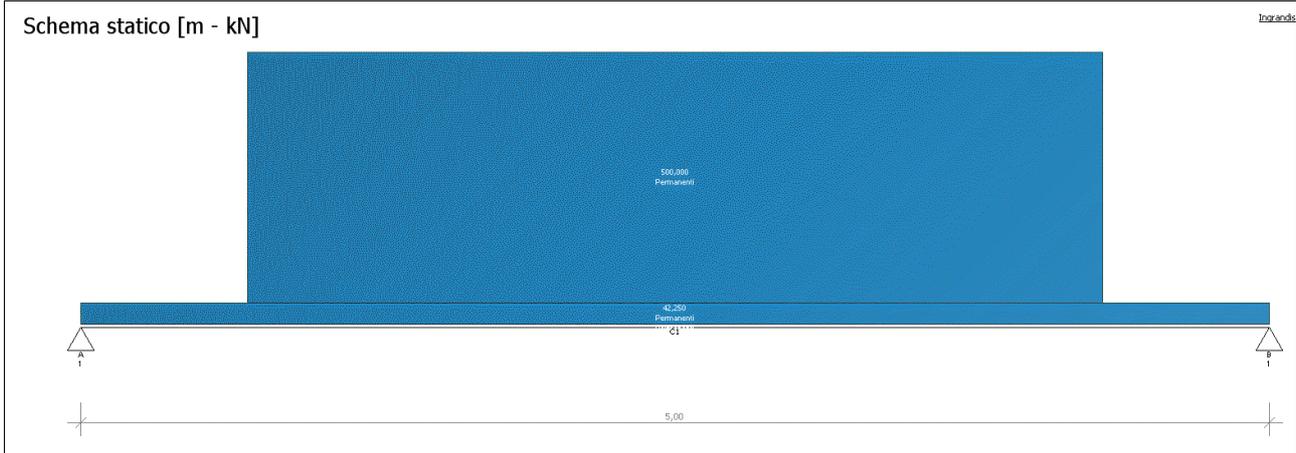
Nodo	Z [m]	Nd [kN]	Md [kNm]	Td [kN]	Nr. Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Presso- Flessione	Def.Max Cls $\times 10^{-3}$	Def.Max Fe $\times 10^{-3}$	Asse Neutro [cm]	Passo Staffe [cm]	Res. Taglio [kN]	Sicurezza taglio	Cond. Verifica Taglio
1	0	1060,00	--	200,62	8Ø14	1060,00	-272,81	--	Verificata	3,50	-4,44	-5,77	16,7Ø8	CLS=682,37 Staffe=240,20	3,40	Verificata
2	1,07	1067,84	-214,00	46,07	8Ø14	1067,82	-273,49	1,28	Verificata	3,50	-4,41	-5,67	16,7Ø8	CLS=682,37 Staffe=240,20	14,81	Verificata
3	2,13	1075,68	-263,14	-44,79	8Ø14	1075,67	-274,17	1,04	Verificata	3,50	-4,38	-5,57	16,7Ø8	CLS=682,37 Staffe=240,20	15,23	Verificata
4	3,2	1083,52	-215,36	-77,72	8Ø14	1083,46	-274,84	1,28	Verificata	3,50	-4,35	-5,47	16,7Ø8	CLS=682,37 Staffe=240,20	8,78	Verificata
5	4,27	1091,37	-132,46	-66,47	8Ø14	1091,32	-275,52	2,08	Verificata	3,50	-4,32	-5,37	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	10,34	Verificata
6	5,33	1099,21	-61,56	-41,97	8Ø14	1099,13	-276,19	4,49	Verificata	3,50	-4,28	-5,27	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	16,37	Verificata
7	6,4	1107,05	-16,79	-20,14	8Ø14	1107,07	-276,86	16,49	Verificata	3,50	-4,25	-5,17	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	34,11	Verificata
8	7,47	1114,89	4,7	-6,00	8Ø14	1114,81	277,50	59,05	Verificata	3,50	-4,22	5,08	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	114,62	Verificata
9	8,53	1122,73	11,09	1,01	8Ø14	1122,76	278,17	25,07	Verificata	3,50	-4,19	4,98	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	682,73	Verificata
10	9,6	1130,57	10,02	3,24	8Ø14	1130,65	278,82	27,82	Verificata	3,50	-4,16	4,87	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	211,94	Verificata
11	10,67	1138,41	6,56	3,04	8Ø14	1138,48	279,47	42,59	Verificata	3,50	-4,13	4,77	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	226,15	Verificata
12	11,73	1146,26	3,32	1,99	8Ø14	1146,16	280,09	84,35	Verificata	3,50	-4,10	4,68	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	345,29	Verificata
13	12,8	1154,10	1,20	0,94	8Ø14	1154,18	280,74	234,44	Verificata	3,50	-4,07	4,58	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	727,51	Verificata
14	13,87	1161,94	0,19	0,24	8Ø14	1161,88	281,35	1481,89	Verificata	3,50	-4,04	4,48	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	2908,05	Verificata
15	14,93	1169,78	-0,06	-0,06	8Ø14	1169,79	-281,99	4532,55	Verificata	3,50	-4,01	-4,38	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	11782,57	Verificata
16	16	1177,62	0,00	--	8Ø14	1177,63	-282,61	2881,81	Verificata	3,50	-3,98	-4,27	16,7Ø8	CLS=687,22 Staffe=238,58	11782,57	Verificata

### 8.7.7 - DIMENSIONAMENTO TRAVE DI COLLEGAMENTO PALI

#### DATI

Nome Trave: Trave Pali Pozzetto Fanghi	Lunghezza totale: 5,00 m
Numero di campate: 1	Numero di appoggi: 2
Materiale della sezione: C25/30	Materiale per l'armatura: Materiale per l'armatura: B450C

#### Schema statico



#### Geometria

Nome	Campata		Caratteristiche della sezione			
	Lunghezza [m]	Sezione	B max [cm]	H max [cm]	Area A [cm <sup>2</sup> ]	Inerzia I [cm <sup>4</sup> ]
C1	5,00	R 130 x 130	130,0	130,0	16.900,0	23.800.833,3

#### Appoggi e vincoli

Nome	Larghezza [m]	Tipo di Vincolo	Parametro caratteristico
A	1,00	Appoggio	Ridistribuzione 0,0 %
B	1,00	Appoggio	Ridistribuzione 0,0 %

#### Carichi agenti

Campata	Tipo di carico	Categoria	Ascissa a [m]	Val. iniz. P1	Lung. [m]	Val. fin. P2
C1	Carico distribuito asse Y globale	Permanente	0,00	42,250 kN/m	5,00	42,250 kN/m
C1	Carico distribuito asse Y globale	Permanente	0,70	500,000 kN/m	3,60	500,000 kN/m

## Scheda tecnica del materiale

### Descrizione

Nome: **C25/30**

Tipologia del materiale: calcestruzzo

Classe di resistenza: C25/30

Descrizione:

### Caratteristiche del calcestruzzo

Densità  $\rho$ : 24,525 kN/m<sup>3</sup>

Resistenza caratteristica cubica a compressione  $R_{ck}$ : 30,0 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione  $f_{ck}$ : 24,9 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza cilindrica media  $f_{cm}$ : 32,9 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a trazione semplice  $f_{ctm}$ : 2,6 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a flessione  $f_{ctm}$ : 3,1 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5%  $f_{ctk,5}$ : 1,8 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95%  $f_{ctk,95}$ : 3,3 N/mm<sup>2</sup>

Modulo Elastico  $E_{cm}$ : 31.447,0 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di Poisson  $\nu$ : 0,20

Coefficiente di dilatazione termica lineare  $\alpha_t$ : 1E-05

Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione  $\alpha_{cc}$ : 0,85

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo  $\gamma_c$ : 1,5

Resistenza a compressione di progetto  $f_{cd}$ : 14,1 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione di progetto, frattile 5%  $f_{ctd,5}$ : 1,2 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione di progetto, frattile 95%  $f_{ctd,95}$ : 2,2 N/mm<sup>2</sup>

### Descrizione

Nome: **B450C**

Tipologia del materiale: acciaio per cemento armato

Descrizione:

### Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk}$ : 450,0 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio  $\gamma_s$ : 1,15

Modulo elastico  $E_S$ : 206.000,0 N/mm<sup>2</sup>

Densità  $\rho$ : 76,518 kN/m<sup>3</sup>

Allungamento sotto carico massimo  $A_{gt}$ : 67,5 ‰

Tensione ammissibile  $\sigma_s$ : 260,0 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di omogeneizzazione  $n$ : 15

Sollecitazioni agenti - Combinazione SLU

Diagramma del Momento Flettente

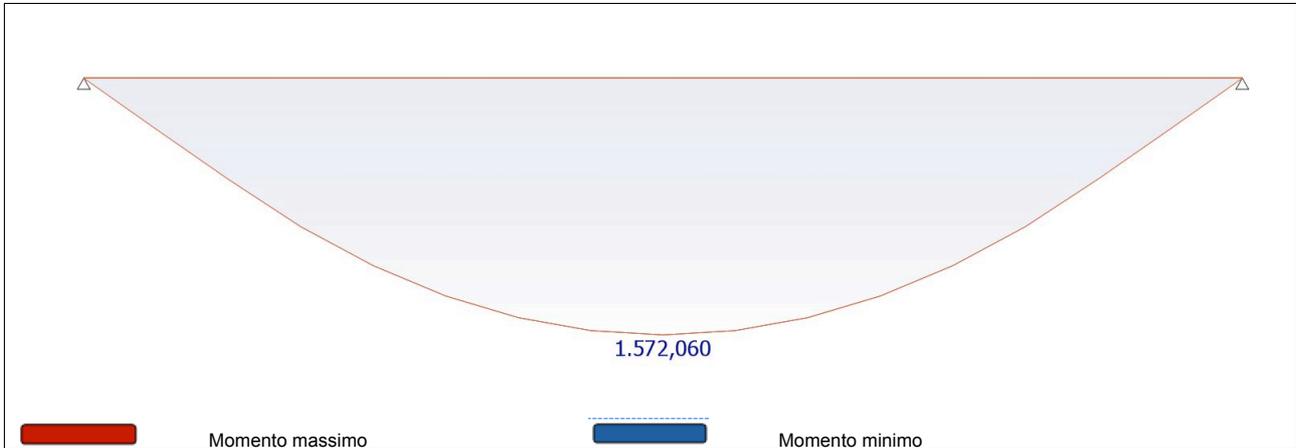
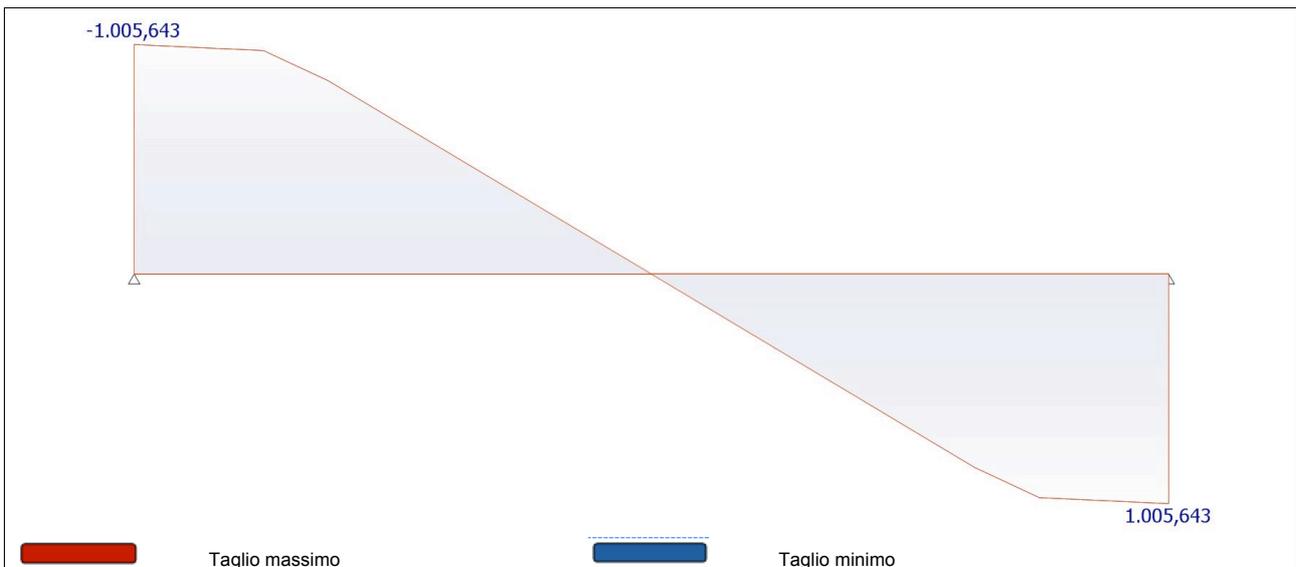


Diagramma del Taglio



Reazioni vincolari

Appoggio	Reazione Max [kN]	Reazione Min [kN]
A	1.307,336	1.005,643
B	1.307,336	1.005,643

Azioni

Campata	Ascissa [m]	Momento Max [kN m]	Momento Min [kN m]	Taglio Max [kN]	Taglio Min [kN]
C1	0	0,000	0,000	-1.005,643	-1.307,336
C1	2,50	2.043,678	1.572,060	0,000	0,000
C1	5,00	0,000	0,000	1.307,336	1.005,643

## Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE rara

Diagramma della Deformata Elastica

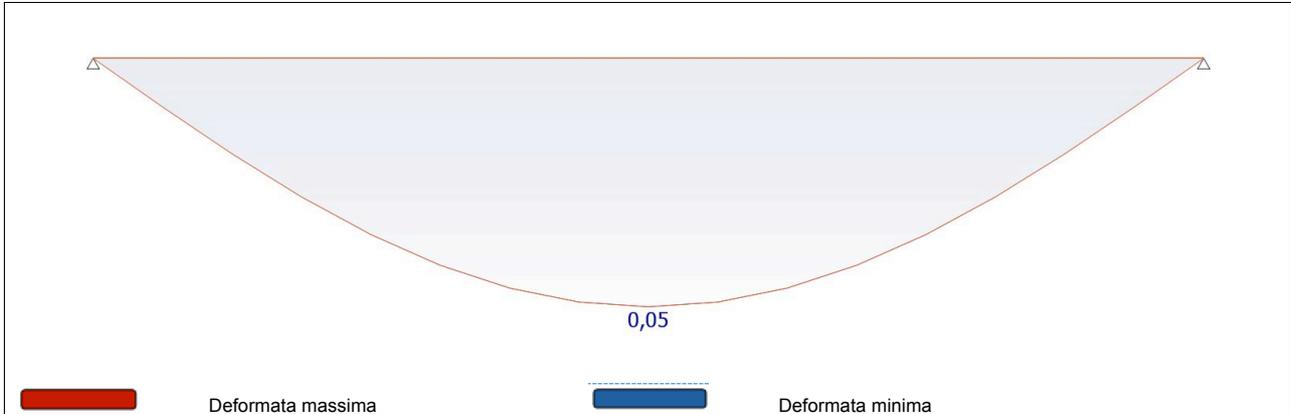


Diagramma del Momento Flettente

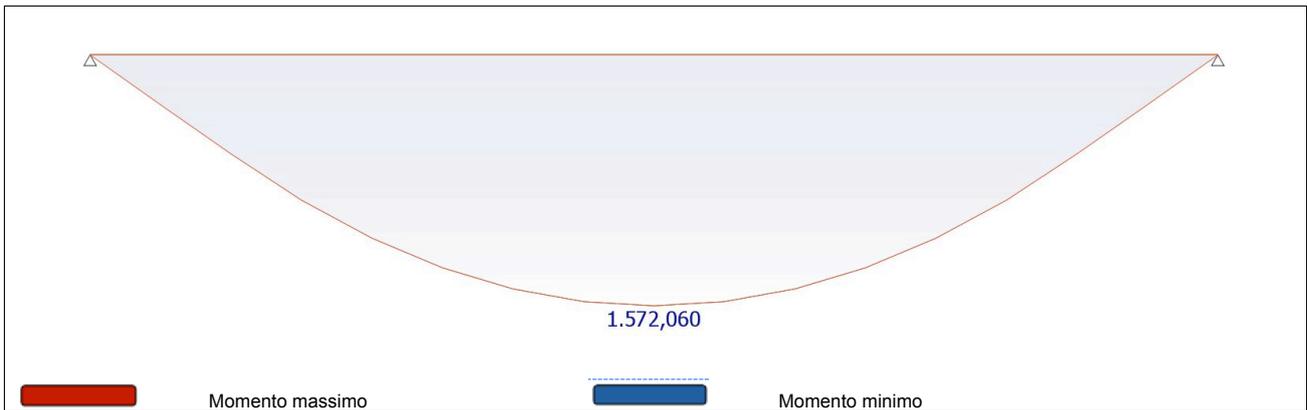
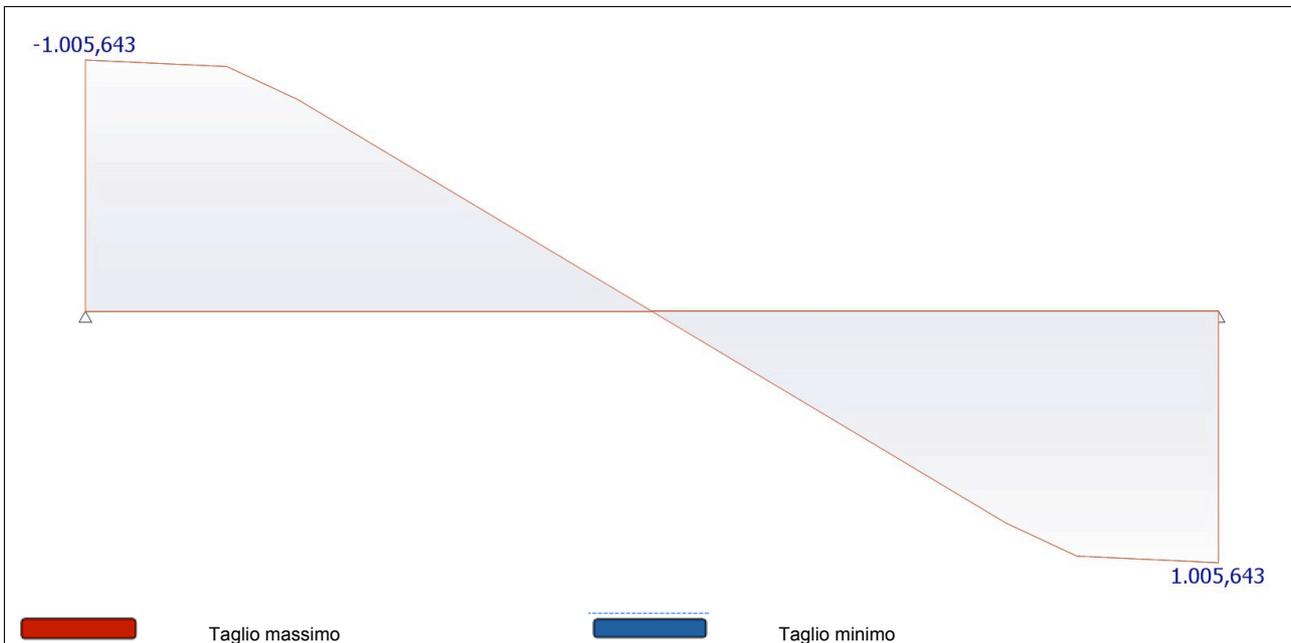


Diagramma del Taglio



Reazioni vincolari

Appoggio	Reazione Max [kN]	Reazione Min [kN]
A	1.005,643	1.005,643
B	1.005,643	1.005,643

Azioni

Campata	Ascissa [m]	Momento Max [kN m]	Momento Min [kN m]	Taglio Max [kN]	Taglio Min [kN]
C1	0	0,000	0,000	-1.005,643	-1.005,643
C1	2,50	1.572,060	1.572,060	0,000	0,000
C1	5,00	0,000	0,000	1.005,643	1.005,643

Deformata

Campata	Ascissa [m]	Deformata Massima [cm]
C1	2,50	0,05

### Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE frequente

Diagramma della Deformata Elastica

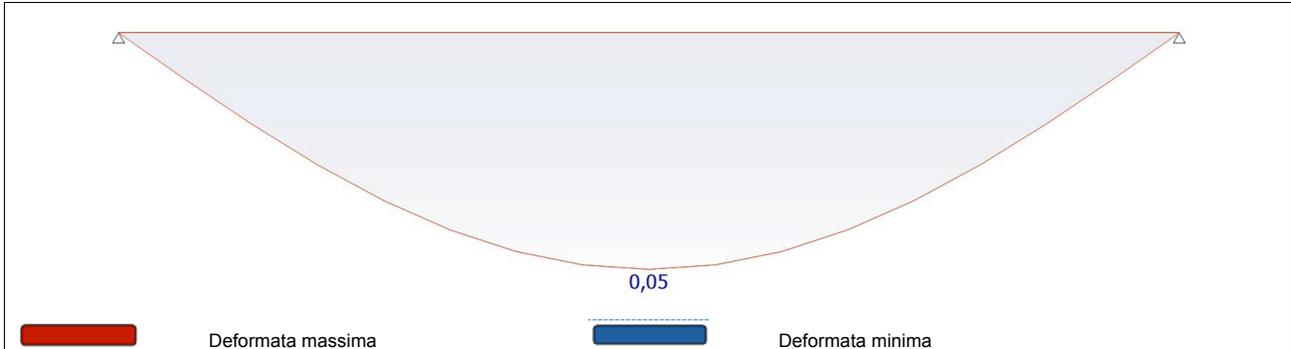


Diagramma del Momento Flettente

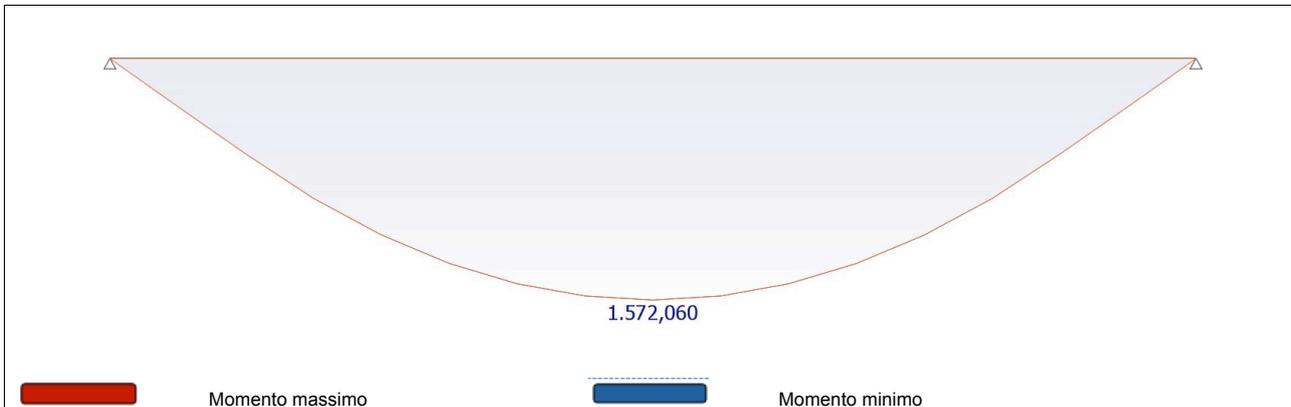
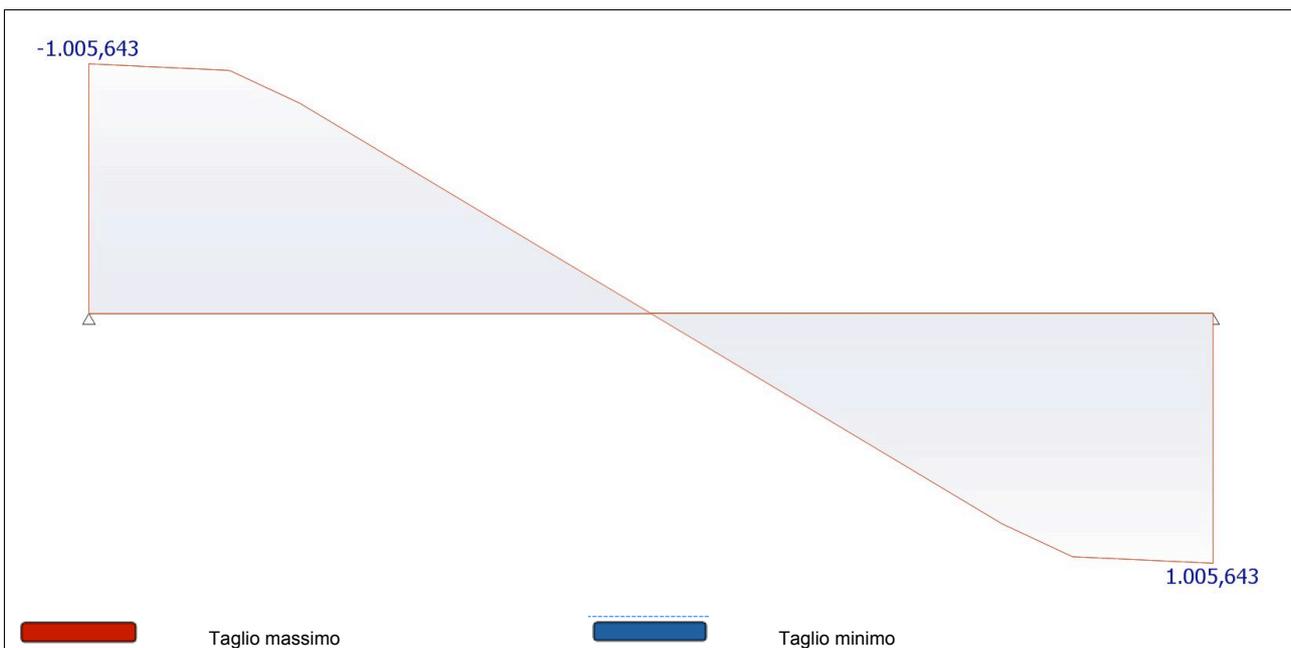


Diagramma del Taglio



Reazioni vincolari

Appoggio	Reazione Max [kN]	Reazione Min [kN]
A	1.005,643	1.005,643
B	1.005,643	1.005,643

Azioni

Campata	Ascissa [m]	Momento Max [kN m]	Momento Min [kN m]	Taglio Max [kN]	Taglio Min [kN]
C1	0	0,000	0,000	-1.005,643	-1.005,643
C1	2,50	1.572,060	1.572,060	0,000	0,000
C1	5,00	0,000	0,000	1.005,643	1.005,643

Deformata

Campata	Ascissa [m]	Deformata Massima [cm]
C1	2,50	0,05

## Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE quasi permanente

Diagramma della Deformata Elastica

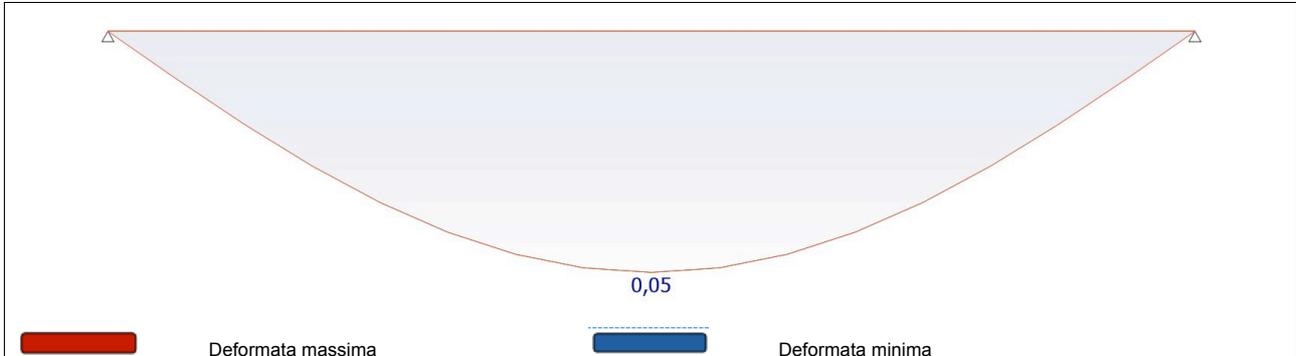


Diagramma del Momento Flettente

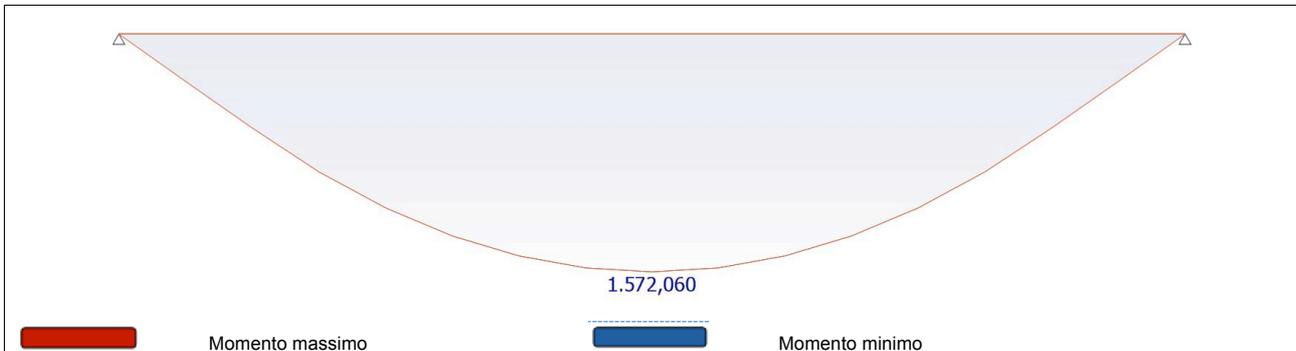
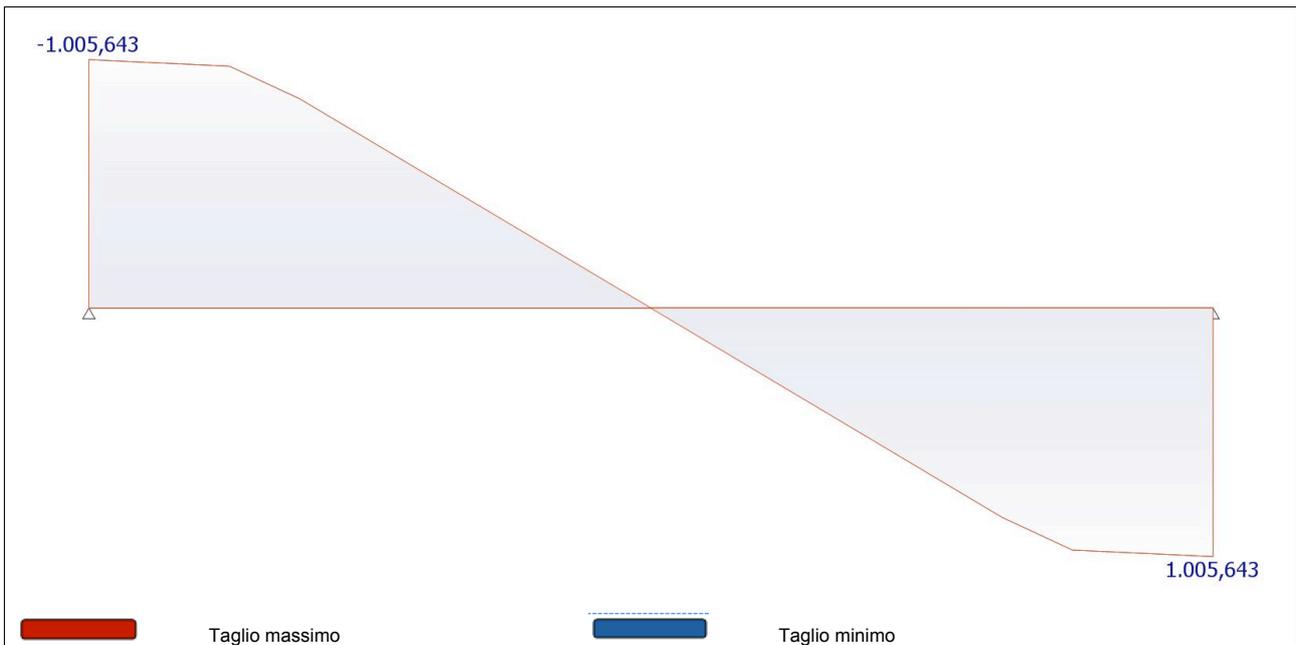


Diagramma del Taglio



Reazioni vincolari

Appoggio	Reazione Max [kN]	Reazione Min [kN]
A	1.005,643	1.005,643
B	1.005,643	1.005,643

Azioni

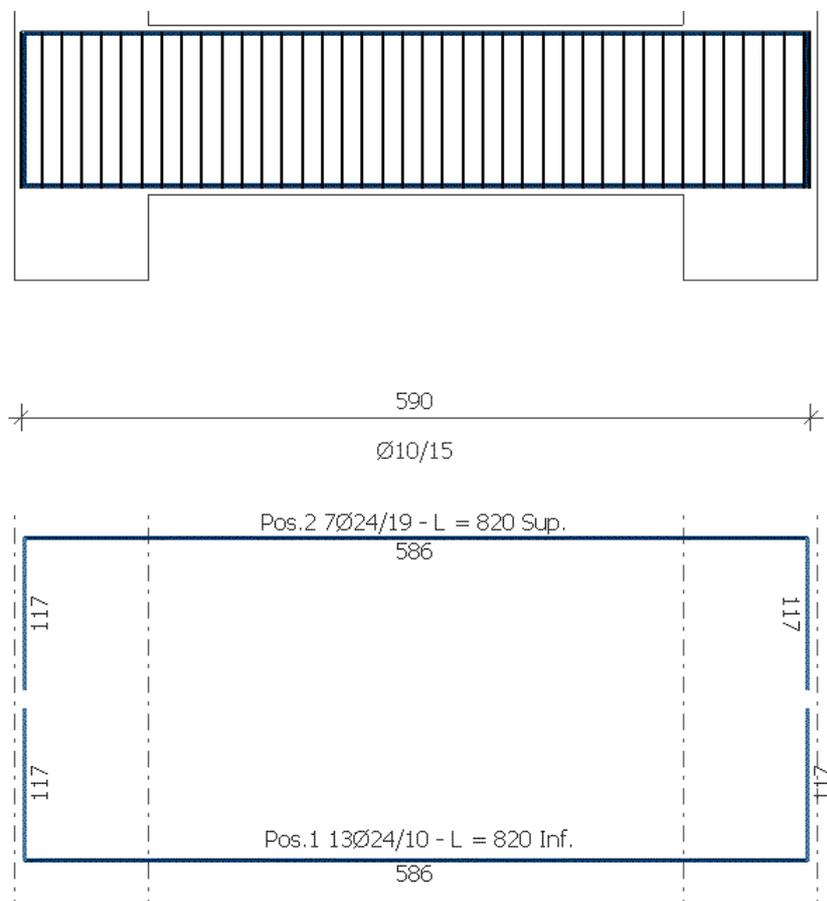
Campata	Ascissa [m]	Momento Max [kN m]	Momento Min [kN m]	Taglio Max [kN]	Taglio Min [kN]
C1	0	0,000	0,000	-1.005,643	-1.005,643
C1	2,50	1.572,060	1.572,060	0,000	0,000
C1	5,00	0,000	0,000	1.005,643	1.005,643

Deformata

Campata	Ascissa [m]	Deformata Massima [cm]
C1	2,50	0,05

VERIFICHE C.A.

Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 5,00 m  
Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 1  
Acciaio d'armatura: B450C

Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Inferiore	13 Ø 24	58,81	586	234	820
2	Corrente - Superiore	7 Ø 24	31,67	586	234	820

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	590	10	15	3,14	4

La lunghezza di calcolo della staffa è al netto dell'ancoraggio.

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC 2008 § 4.1.2.1)

Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	x/d	$\xi_{lim}$	Verifica
1	2,50	2.043,678	3,50	36,45	III	0,088	0,45	OK

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $x/d < \xi_{lim}$

Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC 2008 § 4.1.2.1.2)

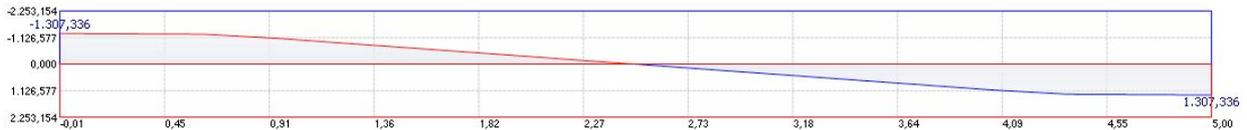
Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	2,50	2.043,678	58,81	31,67	2.700,805	1,32	OK

Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC 2008 § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante: taglio sollecitante e taglio resistente



Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	-0,45	90°	21,8	1.331,503	484,866	2.385,261	3.713,575	OK
1	5,45	90°	21,8	1.331,503	484,866	2.385,261	3.713,575	OK

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC 2008 § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC 2008 § 4.1.2.2)

**Verifica di fessurazione** (cfr NTC 2008 § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	2,50	1.572,060	58,81	31,67	0,167	0,284	0,400	OK

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	2,50	1.572,060	58,81	31,67	0,167	0,284	0,300	OK

Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC 2008 § 4.1.2.2.5)

Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	2,50	1.572,060	58,81	31,67	-5,7	-14,9	237,5	-65,9	360,0	OK

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	2,50	1.572,060	16.900,00	58,81	31,67	-5,7	-11,2	OK

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC 2008 § 4.1.2.2.5)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC2008 - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	500	R 130 X 130	130	130	1,0	130

**CRITERIO STATICO**

Armatura longitudinale (cfr. NTC2008 - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As compressa [cm <sup>2</sup> ]	As comp. massima [cm <sup>2</sup> ]	As tesa mininma [cm <sup>2</sup> ]	As tesa [cm <sup>2</sup> ]	As tesa massima [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0,5	31,67	676,00	21,04	58,81	647,40	OK
1	campata	0,0	31,67	676,00	21,04	58,81	647,40	OK
1	estremo dx	4,5	31,67	676,00	21,04	58,81	647,40	OK

Armatura trasversale (cfr. NTC2008 - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astaffe mininma [cm <sup>2</sup> /m]	Astaffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo staffe [cm]	Passomassim o [cm]	Verifica
1	estremo sx	19,5	20,9	OK	15	16,1	OK
1	campata	19,5	20,9	OK	15	16,1	OK
1	estremo dx	19,5	20,9	OK	15	16,1	OK

## 9 – PIANO DI MANUTENZIONE INTERVENTI

Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti, secondo il D.P.R. 554/99 e le N.T.C. 2008.

Il manuale d'uso, il manuale di manutenzione ed il programma di manutenzione previsti dal decreto legislativo vengono sviluppati tenendo anche in considerazione i criteri dettati dalle norme *UNI*.

1. Il piano di manutenzione è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

2. Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, ed è costituito dai seguenti documenti operativi:

- a) il manuale d'uso;
- b) il manuale di manutenzione;
- c) il programma di manutenzione;

Trattandosi nel caso specifico della progettazione di strutture di fondazione in cemento armato, nel seguito si farà riferimento a questa particolare tipologia di opera, fornendo le indicazioni necessarie per una corretta manutenzione edile.

### 9.1 - MANUALE D'USO

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti del bene, ed in particolare degli impianti tecnologici. Il manuale contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici. **Il manuale d'uso contiene le seguenti informazioni:**

#### 1 Impianto di depurazione

##### 1.1 Interventi Locali

###### Descrizione

Strutture costituite da elementi in calcestruzzo e calcestruzzo armato normale (cemento armato),

###### Collocazione

Vasca dei trattamenti biologici  
 Pozzetto fanghi  
 Pozzetto scarico

<b>1.1.1 Sottondazione su pali</b>	Pozzetto sciume Muro di sostegno a monte
<b>Descrizione</b>	Opere in c.a. necessarie a ripartire i carichi di progetto sul terreno di base; realizzate con elementi gettati in opera di opportune dimensioni atte a trasmettere i carichi di progetto, verticali ed orizzontali, come definiti dalle norme proprie dell'opera da realizzare e comunque dal progetto.
<b>Tipo</b>	Struttura in C.A.
<b>Componenti</b>	Calcestruzzo (C.a.)
<b>Modalità di uso corretto</b>	I pali vengono intestati in un substrato stabile e quale raccordo superficiale vengono realizzati dadi e reticoli di travi sui quali vengono attestate le strutture in elevazione
<b>Modalità di installazione ed esecuzione</b>	I pali vengono gettati in opera previo sbancamento di porzioni di terreno ed eventuali scavi a sezione obbligata. A seconda della tipologia di palo e del terreno di fondazione, si hanno diverse modalità di scavo e riempimento del foro con calcestruzzo. Il metodo di perforazione a secco per la costruzione di pali trivellati in terreni coesivi prevede le seguenti fasi operative: - realizzazione del foro fino alla profondità richiesta; - riempimento con calcestruzzo mediante l'utilizzo di una tramoggia speciale (e con altezza di caduta libera limitata); - estrazione della tramoggia e posa in opera della gabbia formata dalle armature metalliche alla profondità richiesta.
<b>Istruzioni per la dismissione e lo smantellamento</b>	<b>ISTRUZIONI PER LO STOCCAGGIO DELLE MATERIE</b> Separare le armature metalliche dagli inerti.  <b>PROCEDURE PER LO SMALTIMENTO</b> Secondo le procedure di legge in quanto non assimilabile ai normali RSU; accertarsi che il materiale sia ripulito da materiali di classe diversa; stoccarlo in appositi contenitori per evitarne la dispersione in ambiente.  <b>INDICAZIONI PER IL RICICLAGGIO</b> Inerti riutilizzabili quale riempimento nell'ambito del cantiere.

### 1.1.2 Sottofondazione in cls

<b>Descrizione</b>	Opere in cls necessarie a ripartire i carichi di progetto sul terreno di base; realizzate con elementi gettati in opera di opportune dimensioni atte a trasmettere i carichi di progetto, verticali ed orizzontali, come definiti dalle norme proprie dell'opera da realizzare e comunque sul progetto.
<b>Tipo</b>	Struttura in altro materiale
<b>Componenti</b>	Cemento, acqua, inerte (Calcestruzzi)
<b>Modalità di uso corretto</b>	E' opportuno che la struttura non venga modificata nella sua natura e nelle sue sezioni, in relazione a quanto predisposto dal progettista. Essa dovrà riportare i carichi trasmessi dalla fondazione in c.a. del relativo manufatto, al terreno di fondazione posto a quota inferiore.
<b>Modalità di installazione ed esecuzione</b>	Scavo del terreno di fondazione, realizzazione di casseratura opportunamente trattata con disarmante. Utilizzo di legname e/o pannelli non deteriorati, e quant'altro occorrente per dare l'opera finita secondo quanto detta la buona norma. Getto del cls
<b>Istruzioni per la dismissione e lo smantellamento</b>	ISTRUZIONI PER LO STOCCAGGIO DELLE MATERIE Utilizzare l'inerte come riempimento.  INDICAZIONI PER IL RICICLAGGIO Riutilizzabili quale riempimento nell'ambito del cantiere
<b>Norme di sicurezza per la dismissione</b>	Si richiede che l'operatore in fase di dismissione sia dotato degli opportuni DPI.

### 1.1.3 Ripristino manufatti in c.a.

<b>Descrizione</b>	Insieme di lavorazioni sulle strutture esistenti dell'impianto al fine di riabilitare lo stesso al funzionamento. - Risanamento calcestruzzo ammalorato - Impermeabilizzazione interna - Protezione superficiale esterna
<b>Tipo</b>	Struttura in C.A.
<b>Modalità di uso corretto</b>	Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie.



## 9.2 - MANUALE DI MANUTENZIONE

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti del bene ed in particolare degli impianti tecnologici. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio. **Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:**

### 1 Impianto di depurazione

#### 1.1 Interventi Locali

##### 1.1.1 Sottondazione su pali

#### Prestazioni da verificare

- Classe di appartenenza: Funzionalità  
 Descrizione: La capacità del materiale o del componente di garantire il funzionamento e l'efficienza previsti in fase di progetto.  
 Livello minimo prestazioni: Stabilito in funzione del materiale o dell'impianto, dalle norme UNI riportate sul capitolato speciale d'appalto.  
 Vita nominale: 50 Anni  
 Norme: D.M. 14 gennaio 2008
- Classe di appartenenza: Stabilità  
 Descrizione: Capacità dell'elemento di permetterne l'uso pur in presenza di lesioni.  
 Livello minimo prestazioni: Stabilito in funzione del materiale dalle norme UNI o da prescrizioni normative riportate sul capitolato speciale d'appalto.  
 Norme: D.M. 14 gennaio 2008

#### Anomalie riscontrabili

- Anomalia: Danneggiamento  
 Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Possibilità di tracciamenti e distacchi.  
 Effetto ed inconvenienti: Perdita del contenimento esercitato dall'opera.  
 Cause possibili: Atti di vandalismo, colpi accidentali.  
 Criterio di intervento: Sostituzione
- Anomalia: Dissesti  
 Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Dissesti dovuti a cedimenti di natura diversa, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione.

Effetto ed inconvenienti: Ribaltamento, lesioni nelle strutture sovrastanti.

Cause possibili: Errata esecuzione delle tecniche costruttive, fattori esterni (ambientali o climatici), ingenti movimenti franosi.

Criterio di intervento: Ripristino del dissesto.

- Anomalia: Distacchi di terreno

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Presenza di evidenti sgrottamenti di materiale.

Effetto ed inconvenienti: Messa a nudo della paratia.

Cause possibili: Movimenti franosi, cause accidentali.

Criterio di intervento: Ripristino del distacco.

- Anomalia: Lesioni

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Cedimenti differenziali.

Effetto ed inconvenienti: Lesioni che si manifestano sulle strutture sovrastanti.

Cause possibili: Errata esecuzione delle tecniche costruttive, errata valutazione delle capacità portanti del terreno.

Criterio di intervento: Realizzazione di interventi puntuali di ripristino.

- Anomalia: Rottura

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Menomazione dell'integrità di un elemento e danneggiamento grave.

Effetto ed inconvenienti: Spezzatura del contenimento, pericolo per l'utenza.

Cause possibili: Atti di vandalismo, fenomeni franosi.

Criterio di intervento: Ripristino

## Controlli

- Controllo a vista

Modalità di esecuzione: Verificare l'integrità delle strutture sovrastanti mediante il controllo della presenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni.

Frequenza: 0 Quando occorre

Esecutore: utente

Note per la corretta esecuzione: In caso di presenza di lesioni di rimuovere i pezzi, con il rischio di aggravare la situazione. Chiamare un tecnico specializzato.

- Controllo sull'elemento tecnico

Modalità di esecuzione: In seguito alla presenza di segni di cedimenti strutturali, effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità della struttura.

Frequenza: Anni

Esecutore: Operaio specializzato

Note per la corretta esecuzione: Attrezzature da utilizzare: D.P.I., guanti, scarpe antinfortunistiche, tuta da lavoro, utensili vari.

## Interventi

- Ripristino

Modalità di esecuzione: Riparazione della rottura della rete metallica.

Frequenza: 0 Quando occorre

Esecutore: Operaio specializzato

Note per la corretta esecuzione: Attrezzature da utilizzare: Pinze, tenaglie, D.P.I., scala, utensili vari.

### 1.1.2 Sottofondazione in cls

#### Prestazioni da verificare

- Classe di appartenenza: Struttura - resistenza meccanica e stabilità  
Descrizione: Capacità dell'opera di sopportare i carichi prevedibili senza dar luogo a crollo totale o parziale, deformazioni inammissibili, deterioramenti di sue parti o degli impianti fissi, danneggiamenti anche conseguenti ad eventi accidentali ma comunque prevedibili.

Livello minimo prestazioni: Stabilito dal progettista in fase di progetto e dichiarato sulla relazione generale di progetto in funzione della concezione strutturale dell'opera e della vita utile stabilita per la struttura.

Vita nominale: 50 Anni

Norme: D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le costruzioni; DPR 246/93 (Regolamento di attuazione della direttiva in Italia) sui prodotti da costruzione.

- Classe di appartenenza: Struttura-durabilità

Descrizione: Capacità di materiali e strutture di conservare le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture si ottiene utilizzando materiali di ridotto degrado ovvero con dimensioni strutturali maggiorate necessarie a compensare il deterioramento prevedibile dei materiali durante la vita utile di progetto ovvero mediante procedure di manutenzione programmata.

Livello minimo prestazioni: Stabilito dal progettista in funzione della vita utile indicata per l'edificio, delle condizioni ambientali e delle caratteristiche dei materiali messi in opera nonché delle dimensioni minime degli elementi.

Vita nominale: 50 Anni

Norme: Linee guida calcestruzzo strutturale-Consiglio Superiore LLPP; DPR 246/93 (Regolamento di attuazione della direttiva in Italia) sui prodotti da costruzione.

#### Anomalie riscontrabili

- Anomalia: Lesione

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Rottura che si manifesta in una qualsiasi struttura quando lo sforzo a cui è sottoposta supera la resistenza corrispondente del materiale.

Effetto ed inconvenienti: Fenditure interne più o meno ramificate (es. lesione isolata, diffusa, a croce, cantonale, a martello, verticale, a 45°, ecc.) e profonde (es. lesione capillare, macroscopica, ecc.).

Cause possibili: Assestamento differenziale delle fondazioni per cedimenti del terreno (es. traslazione verticale, traslazione orizzontale, rotazione). Schiacciamento per carico localizzato. Schiacciamento dovuto al peso proprio. Ritiro dell'intonaco per granulometria troppo piccola dell'inerte o per eccesso di legante. Cicli di gelo e disgelo. Penetrazione di acqua.

Criterio di intervento: Ispezione tecnico specializzato, progettazione di rinforzi, sottofondazioni locali, eliminazione delle cause delle eventuali modifiche geomorfologiche del terreno

- Anomalia: Rottura

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Menomazione dell'integrità di un elemento e danneggiamento grave.

Effetto ed inconvenienti: Perdita delle capacità portanti, aspetto degradato.

Cause possibili: Cause accidentali, superamento dei carichi di progetto, cambiamenti delle condizioni locali del terreno di fondazione - variazioni del livello di falda, delle condizioni meccaniche del terreno

Criterio di intervento: progettazione di rinforzi, sottofondazioni locali, eliminazione delle cause delle eventuali modifiche geomorfologiche del terreno

## Controlli

- Ispezione visiva

Modalità di esecuzione: Valutazione della lesione, in termini di dimensione e andamento o della situazione che ha messo a nudo porzioni della fondazione

Frequenza: 0 Quando occorre

Esecutore: utente

Note per la corretta esecuzione: Nel caso si fosse creata una fessurazione o sia rimasta scoperta parte della fondazione, rivolgersi alle strutture preposte per una verifica di stabilità dello stesso.

- Strutturale

Modalità di esecuzione: Verifica integrità della struttura.

Frequenza: Anni

Esecutore: Tecnico specializzato

## Interventi

- Resine bicomponenti

Modalità di esecuzione: Utilizzo di resine bicomponenti, al fine di ripristinare l'eventuale lesione e riconferire alla struttura le caratteristiche statiche iniziali.

Frequenza: 0 Quando occorre

Esecutore: Tecnico specializzato

Note per la corretta esecuzione: Attrezzature da utilizzare: D.P.I., utensili vari.

- Ripristino

Modalità di esecuzione: Eventuali lavori di ripristino integrità del materiale attraverso: applicazione di stucchi specifici sulle lesioni;

trattamento superficiale con resine specifiche per il fenomeno dell'efflorescenza; stilatura giunti con malta cementizia.

Frequenza: 0 Quando occorre

Esecutore: Impresa specializzata

Note per la corretta esecuzione: Attrezzature da utilizzare: D.P.I.; ponteggio esterno; piattaforma idraulica; trabattello; scala; utensili vari

- Utilizzo di malte

Modalità di esecuzione: Stesa di malte del tipo tixotropica, epossidica, o primer.

Frequenza: 0 Quando occorre

Esecutore: Operaio specializzato

Note per la corretta esecuzione: Attrezzature da utilizzare: D.P.I., utensili vari, ponteggio.

### 1.1.3 Ripristino manufatti in c.a.

#### Prestazioni da verificare

- Classe di appartenenza: Struttura-durabilità

Descrizione: Capacità di materiali e strutture di conservare le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture si ottiene utilizzando materiali di ridotto degrado ovvero con dimensioni strutturali maggiorate necessarie a compensare il deterioramento prevedibile dei materiali durante la vita utile di progetto ovvero mediante procedure di manutenzione programmata. Livello minimo prestazioni: Stabilito dal progettista in funzione della vita utile indicata per l'edificio, delle condizioni ambientali e delle caratteristiche dei materiali messi in opera nonché delle dimensioni minime degli elementi.

Norme: Linee guida calcestruzzo strutturale-Consiglio Superiore LLPP; regolamento DPR 246/93 (Regolamento di attuazione della direttiva in Italia) sui prodotti da costruzione.

- Classe di appartenenza: Tenuta ai fluidi

Descrizione: Capacità del materiale o del componente di impedire ai fluidi di oltrepassarlo.

Livello minimo prestazioni: Assenza di perdite, infiltrazioni.

- Classe di appartenenza: Resistenza attacchi biologici

Descrizione: Capacità del materiale di resistere agli attacchi di microrganismi o organismi animali e/o vegetali che possano alterarne le caratteristiche.

Livello minimo prestazioni: Variabili in funzione del materiale, delle condizioni di posa nonché della localizzazione rispetto a fattori in grado di favorire la proliferazione degli agenti biologici (esposizione, umidità ecc).

#### Anomalie riscontrabili

- Anomalia: Cavillature superficiali

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Sottile trama di fessure sulla superficie del calcestruzzo.

- Anomalia: Erosione superficiale

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrosione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

- Anomalia: Esfoliazione

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro, generalmente causata dagli effetti del gelo.

- Anomalia: Esposizione dei ferri di armatura

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici.

- Anomalia: Fessurazioni

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto.

- Anomalia: Mancanza

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

- Anomalia: Patina biologica

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere, terriccio.

- Anomalia: Penetrazione di umidità

Guasti, alterazioni ed irregolarità visibili: Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

## Controlli

- Controllo struttura

Modalità di esecuzione: Controllare l'integrità delle strutture individuando la presenza di eventuali anomalie come fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Verifica dello stato del

## Interventi

calcestruzzo e controllo del degrado e/o eventuali processi di carbonatazione.

Frequenza: Mesi

Esecutore: Tecnici specializzati

- Interventi sulle strutture

Modalità di esecuzione: Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

Frequenza: 0 Quando occorre

- Ripresa puntuale fessurazioni

Modalità di esecuzione: Ripresa puntuale delle fessurazioni e rigonfiamenti localizzati nei rivestimenti.

Frequenza: 0 Quando occorre

Esecutore: Muratore

### 9.3 - PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporalmente o programmate al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. **Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:**

#### SOTTOPROGRAMMA DELLE PRESTAZIONI

##### 1.1.1 Sottondazione su pali

- Classe di appartenenza: Funzionalità  
Descrizione: La capacità del materiale o del componente di garantire il funzionamento e l'efficienza previsti in fase di progetto.  
Livello minimo prestazioni: Stabilito in funzione del materiale o dell'impianto, dalle norme UNI riportate sul capitolato speciale d'appalto.  
Vita nominale: 50 Anni  
Norme: D.M. 14 gennaio 2008

- Classe di appartenenza: Stabilità  
Descrizione: Capacità dell'elemento di permetterne l'uso pur in presenza di lesioni.  
Livello minimo prestazioni: Stabilito in funzione del materiale dalle norme UNI o da prescrizioni normative riportate sul capitolato speciale d'appalto.  
Norme: D.M. 14 gennaio 2008

##### 1.1.2 Sottofondazione in cls

- Classe di appartenenza: Struttura - resistenza meccanica e stabilità  
Descrizione: Capacità dell'opera di sopportare i carichi prevedibili senza dar luogo a crollo totale o parziale, deformazioni inammissibili, deterioramenti di sue parti o degli impianti fissi, danneggiamenti anche conseguenti ad eventi accidentali ma comunque prevedibili.  
Livello minimo prestazioni: Stabilito dal progettista in fase di progetto e dichiarato sulla relazione generale di progetto in funzione della concezione strutturale dell'opera e della vita utile stabilita per la struttura.  
Vita nominale: 50 Anni  
Norme: D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le costruzioni; DPR 246/93 (Regolamento di attuazione della direttiva in Italia) sui prodotti da costruzione.

- Classe di appartenenza: Struttura-durabilità  
Descrizione: Capacità di materiali e strutture di conservare le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture si ottiene utilizzando materiali di ridotto degrado ovvero con dimensioni strutturali maggiorate necessarie a compensare il deterioramento

### 1.1.3 Ripristino manufatti in c.a.

prevedibile dei materiali durante la vita utile di progetto ovvero mediante procedure di manutenzione programmata.

Livello minimo prestazioni: Stabilito dal progettista in funzione della vita utile indicata per l'edificio, delle condizioni ambientali e delle caratteristiche dei materiali messi in opera nonché delle dimensioni minime degli elementi.

Vita nominale: 50 Anni

Norme: Linee guida calcestruzzo strutturale-Consiglio Superiore LLPP; DPR 246/93 (Regolamento di attuazione della direttiva in Italia) sui prodotti da costruzione.

- Classe di appartenenza: Struttura-durabilità

Descrizione: Capacità di materiali e strutture di conservare le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture si ottiene utilizzando materiali di ridotto degrado ovvero con dimensioni strutturali maggiorate necessarie a compensare il deterioramento prevedibile dei materiali durante la vita utile di progetto ovvero mediante procedure di manutenzione programmata.

Livello minimo prestazioni: Stabilito dal progettista in funzione della vita utile indicata per l'edificio, delle condizioni ambientali e delle caratteristiche dei materiali messi in opera nonché delle dimensioni minime degli elementi.

Norme: Linee guida calcestruzzo strutturale-Consiglio Superiore LLPP; regolamento DPR 246/93 (Regolamento di attuazione della direttiva in Italia) sui prodotti da costruzione.

- Classe di appartenenza: Tenuta ai fluidi

Descrizione: Capacità del materiale o del componente di impedire ai fluidi di oltrepassarlo.

Livello minimo prestazioni: Assenza di perdite, infiltrazioni.

- Classe di appartenenza: Resistenza attacchi biologici

Descrizione: Capacità del materiale di resistere agli attacchi di microrganismi o organismi animali e/o vegetali che possano alterarne le caratteristiche.

Livello minimo prestazioni: Variabili in funzione del materiale, delle condizioni di posa nonché della localizzazione rispetto a fattori in grado di favorire la proliferazione degli agenti biologici (esposizione, umidità ecc).

## SOTTOPROGRAMMA DEI CONTROLLI

### 1.1.1 Sottondazione su pali

Controllo: Controllo a vista

Modalità di esecuzione: Verificare l'integrità delle strutture sovrastanti mediante il controllo della presenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni.

Frequenza: Quando occorre

Esecutore: utente

Note per la corretta esecuzione: In caso di presenza di lesioni di rimuovere i pezzi, con il rischio di aggravare la situazione. Chiamare un tecnico specializzato.

Requisiti da verificare:

a) La capacità del materiale o del componente di garantire il funzionamento e l'efficienza previsti in fase di progetto.

Anomalie riscontrabili

a.1) Danneggiamento

a.2) Dissesti

a.3) Distacchi di terreno

a.4) Lesioni

a.5) Rottura

b) Capacità dell'elemento di permetterne l'uso pur in presenza di lesioni.

Anomalie riscontrabili

b.1) Danneggiamento

b.2) Dissesti

b.3) Distacchi di terreno

b.4) Lesioni

b.5) Rottura

Controllo: Controllo sull'elemento tecnico

Modalità di esecuzione: In seguito alla presenza di segni di cedimenti strutturali, effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità della struttura.

Frequenza: 2 Anni

Esecutore: Operaio specializzato

Note per la corretta esecuzione: Attrezzature da utilizzare: D.P.I.,

guanti, scarpe antinfortunistiche, tuta da lavoro, utensili vari.

Requisiti da verificare:

a) La capacità del materiale o del componente di garantire il funzionamento e l'efficienza previsti in fase di progetto.

Anomalie riscontrabili

- a.1) Danneggiamento
- a.2) Dissesti
- a.3) Distacchi di terreno
- a.4) Lesioni
- a.5) Rottura

b) Capacità dell'elemento di permetterne l'uso pur in presenza di lesioni.

Anomalie riscontrabili

- b.1) Danneggiamento
- b.2) Dissesti
- b.3) Distacchi di terreno
- b.4) Lesioni
- b.5) Rottura

### 1.1.2 Sottofondazione in cls

Controllo: Ispezione visiva

Modalità di esecuzione: Valutazione della lesione, in termini di dimensione e andamento o della situazione che ha messo a nudo porzioni della fondazione

Frequenza: Quando occorre

Esecutore: utente

Note per la corretta esecuzione: Nel caso si fosse creata una fessurazione o sia rimasta scoperta parte della fondazione, rivolgersi alle strutture preposte per una verifica di stabilità dello stesso.

Requisiti da verificare:

a) Capacità dell'elemento di permetterne l'uso pur in presenza di lesioni.

Anomalie riscontrabili

- a.1) Danneggiamento
- a.2) Rottura

b) Capacità dell'opera di sopportare i carichi prevedibili senza dar luogo a crollo totale o parziale, deformazioni inammissibili, deterioramenti di sue parti o degli impianti fissi, danneggiamenti anche conseguenti ad eventi accidentali ma comunque prevedibili.

Anomalie riscontrabili

- b.1) Deformazione

### 1.1.3 Ripristino manufatti in c.a.

#### b.2) Lesione

Controllo: Strutturale

Modalità di esecuzione: Verifica integrità della struttura.

Frequenza: 10 Anni

Esecutore: Tecnico specializzato

Requisiti da verificare:

a) Capacità dell'elemento di permetterne l'uso pur in presenza di lesioni.

Anomalie riscontrabili

a.1) Danneggiamento

a.2) Deformazione

a.3) Rottura

Controllo: Controllo struttura

Modalità di esecuzione: Controllare l'integrità delle strutture individuando la presenza di eventuali anomalie come fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Verifica dello stato del calcestruzzo e controllo del degrado e/o eventuali processi di carbonatazione.

Frequenza: 12 Mesi

Esecutore: Tecnici specializzati

Requisiti da verificare:

a) Resistenza meccanica

Anomalie riscontrabili

a.1) Cavillature superficiali

a.2) Erosione superficiale

a.3) Esfoliazione

a.4) Esposizione dei ferri di armatura

a.5) Fessurazioni

a.6) Mancanza

b) Capacità del materiale o del componente di impedire ai fluidi di oltrepassarlo.

Anomalie riscontrabili

b.1) Penetrazione di umidità

c) Capacità del materiale di resistere agli attacchi di microrganismi o organismi animali e/o vegetali che possano alterarne le caratteristiche.

Anomalie riscontrabili  
c.1) Patina biologica

## SOTTOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI

### 1.1.1 Sottfondazione su pali

Manutenzione: Ripristino

Modalità di esecuzione: Riparazione della rottura della rete metallica.

Frequenza: Quando occorre

Esecutore: Operaio specializzato

Note per la corretta esecuzione: Attrezzature da utilizzare: Pinze, tenaglie, D.P.I., scala, utensili vari.

### 1.1.2 Sottfondazione in cls

Manutenzione: Resine bicomponenti

Modalità di esecuzione: Utilizzo di resine bicomponenti, al fine di ripristinare l'eventuale lesione e riconferire alla struttura le caratteristiche statiche iniziali.

Frequenza: Quando occorre

Esecutore: Tecnico specializzato

Note per la corretta esecuzione: Attrezzature da utilizzare: D.P.I., utensili vari.

Manutenzione: Ripristino

Modalità di esecuzione: Eventuali lavori di ripristino integrità del materiale attraverso: applicazione di stucchi specifici sulle lesioni; trattamento superficiale con resine specifiche per il fenomeno dell'efflorescenza; stilatura giunti con malta cementizia.

Frequenza: Quando occorre

Esecutore: Impresa specializzata

### 1.1.3 Ripristino manufatti in c.a.

Note per la corretta esecuzione: Attrezzature da utilizzare: D.P.I.; ponteggio esterno; piattaforma idraulica; trabattello; scala; utensili vari

Manutenzione: Utilizzo di malte

Modalità di esecuzione: Stesa di malte del tipo tixotropica, epossidica, o primer.

Frequenza: Quando occorre

Esecutore: Operaio specializzato

Note per la corretta esecuzione: Attrezzature da utilizzare: D.P.I., utensili vari, ponteggio.

Manutenzione: Interventi sulle strutture

Modalità di esecuzione: Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

Frequenza: Quando occorre

Note per la corretta esecuzione:

Manutenzione: Ripresa puntuale fessurazioni

Modalità di esecuzione: Ripresa puntuale delle fessurazioni e rigonfiamenti localizzati nei rivestimenti.

Frequenza: Quando occorre

Esecutore: Muratore

Note per la corretta esecuzione:

Il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione redatti in fase di progettazione sono sottoposti a cura del direttore dei lavori, al termine della realizzazione dell'intervento, al controllo ed alla verifica di validità, con gli eventuali aggiornamenti resi necessari dai problemi emersi durante l'esecuzione dei lavori.

# ALLEGATO

Prova a compressione su carote di calcestruzzo

Certificato Ufficiale n°8704 del 14/04/2015



Via Unità d'Italia 62/f - 92100 Agrigento  
Tel./Fax 0922 605896 - www.laboratoriorta.it

# CERTIFICATO UFFICIALE

PQ.08

Rev\_5.0

Mod.5/a-PQ.08

Codice Commessa:  
**C018**

Codice Lavoro:  
**L4118**

Il certificato si compone di 1 foglio  
Foglio 1 di 1

Laboratorio autorizzato per prove su materiali da costruzione ai sensi dell'art.20 della legge 05.11.1971 n.1086 - Circolare Ministeriale 346/STC-99 con D.M. n. 0773 del 31-01-2013

## Certificato n° 8704 del 14/04/2015

Data Inizio Prova 14/04/2015

Data Fine Prova 14/04/2015

Verbale di Accettazione: 3966 del 13-04-2015

### PROVA A COMPRESSIONE SU CALCESTRUZZO

#### Dati dichiarati nella Richiesta prove

**Richiedente della prova:** ING. VINCENZO RIZZO ISCRITTO AL N.155 SEZ.A DELL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI AGRIGENTO

**Lavoro e provenienza dei campioni:** PROGETTAZIONE ESECUTIVA PER IL COMPLETAMENTO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE NEL COMUNE DI SANT'ANGELO MUXARO

**Tecnico Incaricato:** ING. VINCENZO RIZZO ISCRITTO AL N.155 SEZ.A DELL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI AGRIGENTO

**Ente Appaltante/Proprietario:** COMUNE DI SANT'ANGELO MUXARO

**Impresa Esecutrice:** N.D.

Richiesta sottoscritta dal Direttore dei Lavori/Tecnico incaricato

SI

#### Riferimenti Legislativi:

- D. M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".  
- Circolare Ministeriale 08 Settembre 2010 n° 7617/STC

#### Procedura di Prova:

- Norma UNI EN 12390-1: 2003  
- Norma UNI EN 12390-3: 2003

#### Apparecchiatura Utilizzata

- PRESSA CONTROLS 65-L1342/C SERIE N. 07004194 - Classe 1 (con taratura annuale).

Dati Dichiarati				Risultati della Prova										
N.	Verbale di prelievo		Sigla	Localizzazione del Prelievo	Dimensioni (mm)			Peso (Kg)	Massa volumica (kg/mc)	Rettifica *	Carico di Rottura (kN)	Tensione di Rottura (N/mmq)	Tipo di Rottura **	Data prova
	N.	Data			Lx/Ø	Ly	Lz/h							
1	1	03/04/2015	V1-A	VASCA FANGHI - PARETE ESTERNA VALLE	94		94	1,430	2190	C	179	26,0	S	14/04/2015
2	1	03/04/2015	V1-B	VASCA FANGHI - PARETE ESTERNA VALLE	94		94	1,421	2180	C	171	24,5	S	14/04/2015
3	1	03/04/2015	V2-A	VASCA FANGHI -POZZETTO RACCOLTA FANGHI	94		94	1,404	2150	C	163	23,5	S	14/04/2015
4	1	03/04/2015	V2-B	VASCA FANGHI -POZZETTO RACCOLTA FANGHI	94		93	1,472	2280	C	179	26,0	S	14/04/2015
5	1	03/04/2015	M1-A	FONDAZIONE MURO DI SOSTEGNO LATO INGRESSO	94		94	1,407	2160	C	162	23,5	S	14/04/2015
6	1	03/04/2015	M1-B	FONDAZIONE MURO DI SOSTEGNO LATO INGRESSO	94		94	1,393	2140	C	154	22,0	S	14/04/2015

Attenzione: il numero minimo di campioni necessario per il controllo di tipo A previsto dalle Norme Tecniche vigenti è pari a 6

#### Legenda

\* M = Molatura; C = Cappatura; NO = non rettificato perché conforme alla norma, come da verifica eseguita.

\*\* S = soddisfacente; Z = esplosivo; 1 → 9 (per provini cubici) / A → K (per provini cilindrici) = non soddisfacente come da UNI EN 12390-3.

- **Scostamenti dalla Norma:**

- **Note:**

Lo Sperimentatore

Firma  
(Dr. Ing. Antonino Arcuri)

Il Direttore di laboratorio

Firma  
(Dr. Ing. Giuseppe Patti)

