

# Valutazione d'Impatto Ambientale (V.I.A.) Autorizzazione Integrata Ambientale (A.I.A.)

D.Lgs. 152/2006 – art. 23 e s.m.i.

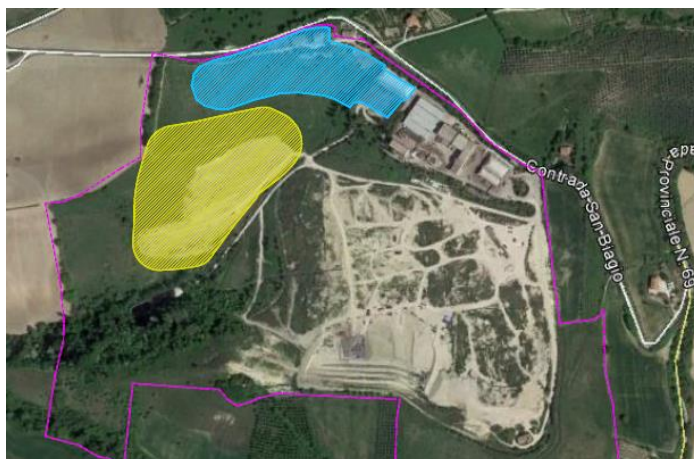
L.R. 3/2012 – art. 12

D.Lgs. 152/2006 – art. 29 ter e s.m.i.



**Fermo Ambiente Servizi Impianti Tecnologici Energia S.r.l.  
Unipersonale**

Sede legale: Via Mazzini n. 4 – 63900 Fermo (FM)  
Sede operativa: C.da S. Biagio – 63900 Fermo (FM)  
Tel. 0734/622095 – Fax 0734/622095 – email info@asiteonline.it – pec info@pec.asiteonline.it



**Impianto di trattamento anaerobico della F.O.R.S.U. per la produzione di  
Biometano.**

**Realizzazione di una discarica per rifiuti urbani e speciali non pericolosi presso  
l'area "ex Camacci".**

Gruppo di lavoro	
	Dott.ssa Pamela Marconi
	Ing. Mauro Bracciani Ing. Francesco Iacomozzi
	Ing. Fabio Conti
	Ing. Marco Sciarra Ing. Sergio Ciampolillo
	Geol. Alessandro Mascitti
	Geol. Massimo Basili Geol. Fabio del Moro
	Ing. Chiara Monaldi
	Dott. Maurizio Di Marino Dott. Matteo Petrelli
	Ing. Giovanni Amadio
	Dott. Marco Cardinali
	Ing. Franco Trebbiani
	Geom. Giulio De Carolis
	Ing. Sergio Moretti
Coordinamento	
	Dott. Matteo Petrelli

Elaborato	
<b>Verifica di stabilità discarica</b>	
Codice	
<b>II_DIS_18</b>	
Data	
<b>Settembre 2019</b>	
Autore	
	Via Turati, 2 – 63074 San Benedetto del Tronto Tel. 0735/431388 Fax 0735/431389 Pec: cube@pec.cubeinfo.it

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>RICHIAMI TEORICI .....</b>	<b>1</b>
1.1	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON COULOMB.....	1
1.1	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON RANKINE.....	2
1.2	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON MONONOBÉ & OKABE .....	2
1.3	CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI SECONDO LE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC) I COEFFICIENTI SISMICI $K_h$ E $K_v$ SONO CALCOLATI COME:.....	3
1.4	EUROCODICE 8 .....	4
1.5	EFFETTO DOVUTO ALLA COESIONE.....	4
1.6	CARICO UNIFORME SUL TERRAPIENO .....	5
1.7	SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI SISMICHE .....	5
1.8	SPINTA IDROSTATICA.....	6
1.9	RESISTENZA PASSIVA .....	6
1.10	CARICO LIMITE .....	7
1.10.1	<i>Brinch Hansen – Vesic – (1970).....</i>	8
1.10.2	<i>Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale <math>H</math> parallelo a <math>B'</math>.....</i>	9
<b>2</b>	<b>MURO IN TERRA RINFORZATA .....</b>	<b>11</b>
2.1	VERIFICHE INTERNE.....	11
2.2	VERIFICA A ROTTURA.....	11
2.3	VERIFICA A SFILAMENTO .....	12
2.4	DESCRIZIONE.....	13
2.4.1	<i>Geometria.....</i>	13
2.4.2	<i>Terreno riempimento.....</i>	13
2.4.3	<i>Terreno fondazione.....</i>	14

## Indice delle figure

Figura 2-1 Terra rinforzata .....	11
Figura 2-2 Terra rinforzata in esame .....	16

## Indice delle tabelle

Tabella 2-1 Geometria .....	13
Tabella 2-2 Combinazione 1.....	18
Tabella 2-3 Combinazione 2.....	22
Tabella 2-4 Combinazione 3.....	26
Tabella 2-5 Combinazione 4.....	30

## 1 Richiami teorici

### 1.1 Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

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.

### 1.1 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:

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

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

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

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

### 1.2 Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

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

$$\tan \theta = K_h / (1 \pm K_v)$$

con  $K_h$  coefficiente sismico orizzontale e  $K_v$  verticale.

### 1.3 Calcolo coefficienti sismici secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) i coefficienti sismici $K_h$ e $K_v$ sono calcolati come:

$$K_h = \beta_m \cdot (a_{\max} / g) \quad \cdot K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

$\beta_m$  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:

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

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.

#### 1.4 Eurocodice 8

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

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

#### 1.5 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  $H/2$ .

## 1.6 Carico uniforme sul terrapieno

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

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

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

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

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

## 1.7 Spinta attiva in condizioni sismiche

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

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

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:

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

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

### 1.8 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:

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

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.

### 1.9 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:

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

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

$$\delta < \beta - \phi - \varepsilon$$

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

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

### 1.10 Carico limite

Una delle prime famiglie di formule per il calcolo della capacità portate fu proposta da Terzaghi nel 1943.

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cdot \cos^2(45 + \varphi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \varphi/2) \tan \varphi}$$

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

$$N_\gamma = \frac{\tan \varphi}{2} \cdot \left( \frac{K_p \gamma}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$$

Dove  $s_c=1$  e  $s_\gamma=1$ . Per fondazioni nastriformi.

#### 1.10.1 Brinch Hansen – Vesic – (1970)

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:

$$R/A' = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c + q$$

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

$s_c = 0,2 \cdot (B'/L')$  per fondazioni rettangolari

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

$$i_c = 0,5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - H/A' \cdot c_u}\right)$$

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

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

$$R/A' = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \cdot \tan^2 (45 + \phi'/2)$$

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

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + (B'/L') \cdot \sin \phi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot (B'/L') \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1)/(N_q - 1) \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

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

$$i_q = \left[1 - H/(V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')\right]^m$$

$$i_\gamma = \left[1 - H/(V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')\right]^{m+1}$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1)/(N_q - 1)$$

$$m = m_B = \frac{\left[2 + \left(\frac{B'}{L'}\right)\right]}{\left[1 + \left(\frac{B'}{L'}\right)\right]} \quad \text{con } H/B'$$

$$m = m_L = \frac{\left[2 + \left(\frac{L'}{B'}\right)\right]}{\left[1 + \left(\frac{L'}{B'}\right)\right]} \quad \text{con } H/L'$$

Se H forma un angolo  $\theta$  con la direzione di L', l'esponente "m" viene calcolato con la seguente espressione:

$$m = m_{\theta} = m_L \cos^2 \theta + m_B \sin^2 \theta$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

#### Convenzione segni

<i>Forze verticali</i>	positive se dirette dall'alto verso il basso;
<i>Forze orizzontali</i>	positive se dirette da monte verso valle;
<i>Coppie</i>	positive se antiorarie;
<i>Angoli</i>	positivi se antiorari.

## 2 Muro in Terra Rinforzata

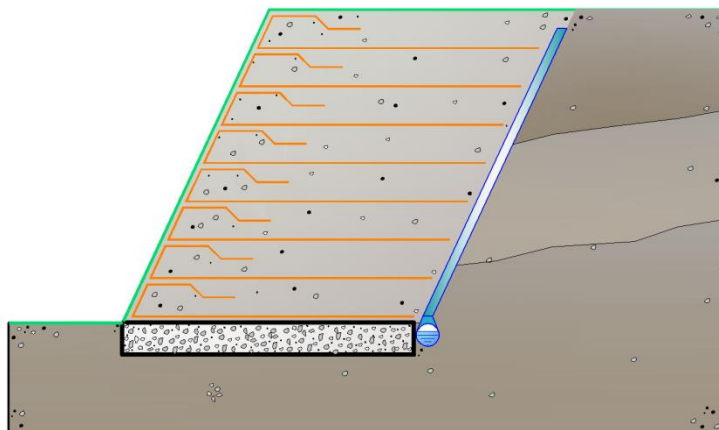
### 2.1 Verifiche Interne

Sono finalizzate ad analizzare i possibili meccanismi di collasso che coinvolgono parzialmente o integralmente la porzione di terreno rinforzato.

Hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, a fronte dell'introduzione di possibili cinatismi di rottura che tendono a pregiudicare la funzionalità e la sicurezza del manufatto.

Le verifiche effettuate comprendono:

- Verifica di resistenza dei rinforzi (Rottura);
- Verifica allo sfilamento (Pullout).



*Figura 2-1 Terra rinforzata*

### 2.2 Verifica a rottura

Si valuta l'entità della resistenza mobilitata dal rinforzo per garantire il raggiungimento di una condizione stabile dell'opera.

La sollecitazione instabilizzante è rappresentata dalla spinta a cui è sottoposto il manufatto da parte dei sistemi di carichi applicati (terreno a tergo, eventuale sovraccarico esterno ed azione del sisma).

La resistenza disponibile nel rinforzo si calcola a partire dalla sua resistenza nominale, applicando opportuni fattori di sicurezza:

$$T_{allow} = \frac{T_{nom}}{\prod_{i=1}^n FS_i}$$

E' necessario che per ogni livello  $z_i$ , profondità a cui è collocato il rinforzo rispetto alla sommità dell'opera, venga soddisfatta la relazione:

$$\frac{T_{allow}}{T_{zi}} \geq FS_{rottura}$$

Avendo indicato con  $T_{zi}$  la resistenza richiesta, alla quota  $z_i$ , per garantire la stabilità del manufatto.

### 2.3 Verifica a sfilamento

La verifica a rottura, definisce l'entità della resistenza a trazione che il rinforzo deve essere in grado di mobilitare per stabilizzare l'opera.

Il trasferimento della resistenza a trazione dal rinforzo al terreno può avvenire grazie all'interazione che si sviluppa all'interno del rinforzo in corrispondenza del tratto ancorato nella parte stabile del pendio.

In funzione della lunghezza di ancoraggio del telo, infatti, per effetto della spinta generata dalle sollecitazioni a tergo del tratto di terreno rinforzato, si sviluppa internamente al rinforzo, una resistenza che tende, per reazione, ad opporsi al movimento verso l'esterno del sistema composito.

Tale resistenza viene chiamata resistenza allo sfilamento (Pullout).

La resistenza allo sfilamento può essere determinata dalla seguente relazione:

$$T_{pullout} = 2 \cdot (L_e \cdot f_b \cdot \tan \varphi) \cdot \sigma'_v$$

dove:

$T_{pullout}$ : Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza  $L_e$  all'interno della parte stabile del terreno;

$f_b$ : Coefficiente di Pullout;

$\sigma'_v$  : Tensioni normali applicate sulla parte del rinforzo ancorato nella zona resistente, alla quota  $z_i$ ; in tale valore è incluso il contributo del sovraccarico, se presente.

La verifica a sfilamento risulta soddisfatta se:

$$\frac{T_{pullout}}{T_{zi}} \geq FS_{rottura}$$

Dove  $T_{zi}$  è la resistenza richiesta, alla quota  $z_i$ , per garantire la stabilità del manufatto.

## 2.4 Descrizione

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,063

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,032

### 2.4.1 Geometria

Nr.	X (m)	Y (m)
1	0,0	0,0
2	2,18	6,0
3	8,48	6,0
4	6,3	0,0

Tabella 2-1 Geometria

Peso unità di volume	18,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	0,0	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza a taglio	27,3	°
Coesione	0,0	kN/m <sup>2</sup>
Angolo attrito terreno rinforzo	24,0	°

### 2.4.2 Terreno riempimento

Peso unità di volume	21,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	0,0	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza a taglio	26,4	°
Coesione	0,0	kN/m <sup>2</sup>

Angolo di attrito terra muro                      0,0      °

#### 2.4.3 Terreno fondazione

Peso unità di volume                      21,2      kN/m<sup>3</sup>

Peso unità di volume saturo                      0,0      kN/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza a taglio                      22,0      °

Coesione                      22,0      kN/m<sup>2</sup>

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza non efficace (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilament o	Fattore sicurezza a rottura
1	0,18	0,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,12	6,18	6,3	1	21,58	1,18
2	0,36	1,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,25	6,05	6,3	1	21,15	1,29
3	0,55	1,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,37	5,93	6,3	1	20,72	1,44
4	0,73	2,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,49	5,81	6,3	1	20,29	1,62
5	0,91	2,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,62	5,68	6,3	1	19,86	1,85
6	1,09	3,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,74	5,56	6,3	1	19,43	2,15
7	1,27	3,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,86	5,44	6,3	1	19,01	2,59
8	1,45	4,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,98	5,32	6,3	1	18,57	3,23
9	1,64	4,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,11	5,19	6,3	1	18,15	4,31
10	1,82	5,0	(6) XGrid PET PVC	2	0,5	1,23	5,07	6,3	1	17,72	6,46



			60/30 IT									
11	2,0	5,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,35	4,95	6,3	1	17,29	12,93	

**Elenco rinforzi**

Tipo	Descrizione	Struttura (mm)	Resistenza
1	STRIP 15x5	Strisce Larghezza, Spessore=15/5	370 N/mm <sup>2</sup>
2	BAR Ø20	Barre Diametro=20	370 N/mm <sup>2</sup>
3	SHEET 330	Geosintetici	330 kN/m
4	SHEET 401	Geosintetici	401 kN/m
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	Geosintetici	23,55 kN/m
6	XGrid PET PVC 60/30 IT	Geosintetici	35,33 kN/m
7	XGrid PET PVC 80/30 IT	Geosintetici	47,11 kN/m
8	XGrid PET PVC 110/30 IT	Geosintetici	64,77 kN/m
9	XGrid PET PVC 150/30 IT	Geosintetici	88,32 kN/m
10	Xgrid PET PVC 500/30 IT	Geosintetici	294,41 kN/m
11	Xgrid PET PVC 600/30 IT	Geosintetici	353,29 kN/m
12	Xgrid PET PVC 700/30 IT	Geosintetici	412,17 kN/m
13	Xgrid PET PVC 900/30 IT	Geosintetici	529,94 kN/m
14	Xgrid PET PVC 900/30 IT	Geosintetici	529,94 kN/m
15	Xgrid PET PVC 1000/30 IT	Geosintetici	588,82 kN/m
16	Xgrid PET PVC 1100/30 IT	Geosintetici	588,82 kN/m
17	Xgrid PET PVC 1200/30 IT	Geosintetici	706,58 kN/m
18	Xgrid PET PVC 1300/30 IT	Geosintetici	765,46 kN/m



Figura 2-2 Terra rinforzata in esame

**Combinazione 1 (A1+M1)**

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Spinta falda	1,30
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione	1
3	Coesione non drenata	1
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

**Combinazione 2 (A2+M2)**

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Spinta falda	1,00
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione	1,25
3	Coesione non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

**Combinazione 3 (EQU+M2)**

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Spinta falda	1,10
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione	1,25
3	Coesione non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

**Combinazione 4 (Sisma)**

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Spinta falda	1,00
4	Spinta sismica in x	1,00
5	Spinta sismica in y	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione	1
3	Coesione non drenata	1
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

**Combinazione 1 (A1+M1)**

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza non efficace (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza a sfilamento	Fattore sicurezza a rottura
1	0,18	0,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,12	6,18	6,3	1	21,58	1,18
2	0,36	1,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,25	6,05	6,3	1	21,15	1,29
3	0,55	1,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,37	5,93	6,3	1	20,72	1,44
4	0,73	2,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,49	5,81	6,3	1	20,29	1,62
5	0,91	2,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,62	5,68	6,3	1	19,86	1,85
6	1,09	3,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,74	5,56	6,3	1	19,43	2,15
7	1,27	3,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,86	5,44	6,3	1	19,01	2,59
8	1,45	4,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,98	5,32	6,3	1	18,57	3,23
9	1,64	4,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,11	5,19	6,3	1	18,15	4,31
10	1,82	5,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,23	5,07	6,3	1	17,72	6,46
11	2,0	5,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,35	4,95	6,3	1	17,29	12,93

**Tabella 2-2 Combinazione 1**

**VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]**Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (8,5/0,0)$  mPiano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (8,5/6,0)$  mCentro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$  m**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
P.U.V.	Peso unità di volume ( $\text{kN}/\text{m}^3$ );
Eps	Inclinazione dello strato ( $^\circ$ );
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro ( $^\circ$ );
c	Coesione ( $\text{kN}/\text{m}^2$ );
$\beta$	Angolo perpendicolare al paramento lato monte ( $^\circ$ );

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$
6,0	0,0	21,0	15,0	26,4	0,0	0,0	0,0

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

$\mu$	Ka	Kd	Dk
90,0	0,47	0,55	0,08

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Fx Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);

Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	232,7	0,0	8,48	2,0
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	8,48	3,0
Spinta incremento sismico	0,0	0,0	8,48	2,0
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	8,48	3,0
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	8,48	3,0
Peso muro	0,0	699,3	4,24	3,0
Momento stabilizzante	2965,03	kNm		
Momento ribaltante	465,39	kNm		

**Verifica alla traslazione**

Sommatoria forze orizzontali	232,7	kN
Sommatoria forze verticali	699,3	kN
Coefficiente di attrito	0,4	
Adesione	22,0	kN/m <sup>2</sup>
Angolo piano di scorrimento	360,0	°
Forze normali al piano di scorrimento	699,3	kN
Forze parall. al piano di scorrimento	232,7	kN
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>2,0</b>	

**Traslazione verificata Csd>1**

**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante	2965,03	kNm
Momento ribaltante	465,39	kNm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>6,37</b>	

**Muro verificato a ribaltamento  $C_{sv} > 1$** **Carico limite: TERZAGHI**

Somma forze in direzione x	232,7	kN
Somma forze in direzione y ( $F_y$ )	699,3	kN
Somma momenti	-2499,64	kNm
Larghezza fondazione	8,3	m
Lunghezza	8,3	m
Eccentricità su B	0,58	m
Peso unità di volume	21,2	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	22,0	°
Coesione	22,0	kN/m <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	0,5	m
Peso terreno sul piano di posa	21,2	kN/m <sup>3</sup>
Nq	9,19	
Nc	20,27	
Ng	6,61	
sq	1,0	
sc	1,0	
sg	1,0	
iq	1,0	
ic	1,0	
ig	1,0	

Carico limite verticale ( $Q_{lim}$ ) 9339,07 kN

**Fattore sicurezza ( $C_{sq} = Q_{lim}/F_y$ ) 13,35**

**Carico limite verificato  $C_{sq} > 1$** **Tensioni sul terreno**

Ascissa centro sollecitazione	3,57	m
Larghezza della fondazione	8,3	m

x = 0,0 Tensione... 119,31 kN/m<sup>2</sup>

x = 8,3 Tensione... 49,2 kN/m<sup>2</sup>

### Combinazione 2 (A2+M2)

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghez za ripiegat ura (Lrip) (m)	Lunghez za facciata (Lf) (m)	Lunghez za non efficace (Lr) (m)	Lunghez za efficace (Le) (m)	Lunghez za totale (Lt) (m)	Interass e (m)	Fattore sicurezz a sfilamen to	Fattore sicurezz a rottura
1	0,18	0,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,15	6,15	6,3	1	17,87	1,22
2	0,36	1,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,31	5,99	6,3	1	17,42	1,34
3	0,55	1,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,46	5,84	6,3	1	16,98	1,49
4	0,73	2,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,61	5,69	6,3	1	16,53	1,68
5	0,91	2,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,76	5,54	6,3	1	16,09	1,92
6	1,09	3,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,92	5,38	6,3	1	15,65	2,24
7	1,27	3,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,07	5,23	6,3	1	15,2	2,69
8	1,45	4,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,22	5,08	6,3	1	14,76	3,36
9	1,64	4,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,38	4,92	6,3	1	14,31	4,48
10	1,82	5,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,53	4,77	6,3	1	13,87	6,72
11	2,0	5,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,68	4,62	6,3	1	13,42	13,44

**Tabella 2-3 Combinazione 2**

### VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (8,5/0,0) m

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (8,5/6,0) m

Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0) m



**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
P.U.V.	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kN/m <sup>2</sup> );
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	β
6,0	0,0	21,0	15,0	21,66	0,0	0,0	0,0

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
90,0	0,59	0,7	0,11

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	222,83	0,0	8,48	2,0
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	8,48	3,0
Spinta incremento sismico	0,0	0,0	8,48	2,0
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	8,48	3,0

Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	8,48	3,0
Peso muro	0,0	699,3	4,24	3,0

Momento stabilizzante 2965,03 kNm

Momento ribaltante 445,65 kNm

#### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 222,83 kN

Sommatoria forze verticali 699,3 kN

Coefficiente di attrito 0,32

Adesione 17,6 kN/m<sup>2</sup>

Angolo piano di scorrimento 360,0 °

Forze normali al piano di scorrimento 699,3 kN

Forze parall. al piano di scorrimento 222,83 kN

**Coeff. sicurezza traslazione Csd 1,67**

**Traslazione verificata Csd>1**

#### Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante 2965,03 kNm

Momento ribaltante 445,65 kNm

**Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 6,65**

**Muro verificato a ribaltamento Csv>1**

**Carico limite: TERZAGHI**

Somma forze in direzione x	222,83	kN
Somma forze in direzione y (Fy)	699,3	kN
Somma momenti	-2519,38	kNm
Larghezza fondazione	8,3	m
Lunghezza	8,3	m
Eccentricità su B	0,55	m
Peso unità di volume	21,2	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	17,91	°
Coesione	17,6	kN/m <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	0,5	m
Peso terreno sul piano di posa	21,2	kN/m <sup>3</sup>
Nq	5,99	
Nc	15,43	
Ng	3,82	
sq	1,0	
sc	1,0	
sg	1,0	
iq	1,0	
ic	1,0	
ig	1,0	

Carico limite verticale (Qlim) 5572,9 kN

**Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy) 7,97****Carico limite verificato Csq>1****Tensioni sul terreno**

Ascissa centro sollecitazione	3,6	m
Larghezza della fondazione	8,3	m

x = 0,0 Tensione... 117,59 kN/m<sup>2</sup>

$x = 8,3$  Tensione... 50,92 kN/m<sup>2</sup>

### Combinazione 3 (EQU+M2)

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghez za ripiegat ura (Lrip) (m)	Lunghez za facciata (Lf) (m)	Lunghez za non efficace (Lr) (m)	Lunghez za efficace (Le) (m)	Lunghez za totale (Lt) (m)	Interass e (m)	Fattore sicurezz a sfilamen to	Fattore sicurezz a rottura
1	0,18	0,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,15	6,15	6,3	1	16,24	1,11
2	0,36	1,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,31	5,99	6,3	1	15,84	1,22
3	0,55	1,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,46	5,84	6,3	1	15,43	1,36
4	0,73	2,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,61	5,69	6,3	1	15,03	1,53
5	0,91	2,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,76	5,54	6,3	1	14,63	1,75
6	1,09	3,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,92	5,38	6,3	1	14,22	2,04
7	1,27	3,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,07	5,23	6,3	1	13,82	2,44
8	1,45	4,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,22	5,08	6,3	1	13,41	3,06
9	1,64	4,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,38	4,92	6,3	1	13,01	4,07
10	1,82	5,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,53	4,77	6,3	1	12,61	6,11
11	2,0	5,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,68	4,62	6,3	1	12,2	12,22

**Tabella 2-4 Combinazione 3**

### VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (8,5/0,0)$  m

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (8,5/6,0)$  m

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

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
P.U.V.	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kN/m <sup>2</sup> );
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	β
6,0	0,0	21,0	15,0	21,66	0,0	0,0	0,0

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
90,0	0,59	0,7	0,11

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	245,11	0,0	8,48	2,0
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	8,48	3,0
Spinta incremento sismico	0,0	0,0	8,48	2,0

Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	8,48	3,0
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	8,48	3,0
Peso muro	0,0	629,37	4,24	3,0

Momento stabilizzante 2668,53 kNm

Momento ribaltante 490,21 kNm

#### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	245,11 kN
Sommatoria forze verticali	629,37 kN
Coefficiente di attrito	0,32
Adesione	17,6 kN/m <sup>2</sup>
Angolo piano di scorrimento	360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	629,37 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	245,11 kN
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>1,43</b>

**Traslazione verificata Csd>1**

#### Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	2668,53 kNm
Momento ribaltante	490,21 kNm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>5,44</b>

**Muro verificato a ribaltamento Csv>1**

**Carico limite: TERZAGHI**

Somma forze in direzione x	245,11	kN
Somma forze in direzione y (Fy)	629,37	kN
Somma momenti	-2178,31	kNm
Larghezza fondazione	8,3	m
Lunghezza	8,3	m
Eccentricità su B	0,69	m
Peso unità di volume	21,2	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	17,91	°
Coesione	17,6	kN/m <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	0,5	m
Peso terreno sul piano di posa	21,2	kN/m <sup>3</sup>
Nq	5,99	
Nc	15,43	
Ng	3,82	
sq	1,0	
sc	1,0	
sg	1,0	
iq	1,0	
ic	1,0	
ig	1,0	

Carico limite verticale (Qlim) 5572,9 kN

**Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy) 8,85****Carico limite verificato Csq>1****Tensioni sul terreno**

Ascissa centro sollecitazione	3,46	m
Larghezza della fondazione	8,3	m

x = 0,0 Tensione... 113,59 kN/m<sup>2</sup>

x = 8,3 Tensione... 38,07 kN/m<sup>2</sup>

#### Combinazione 4 (Sisma)

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghez za ripiegat ura (Lrip) (m)	Lunghez za facciata (Lf) (m)	Lunghez za non efficace (Lr) (m)	Lunghez za efficace (Le) (m)	Lunghez za totale (Lt) (m)	Interass e (m)	Fattore sicurezz a sfilamen to	Fattore sicurezz a rottura
1	0,18	0,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,12	6,18	6,3	1	24,25	1,32
2	0,36	1,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,25	6,05	6,3	1	23,76	1,45
3	0,55	1,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,37	5,93	6,3	1	23,28	1,61
4	0,73	2,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,49	5,81	6,3	1	22,8	1,82
5	0,91	2,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,62	5,68	6,3	1	22,31	2,07
6	1,09	3,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,74	5,56	6,3	1	21,83	2,42
7	1,27	3,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,86	5,44	6,3	1	21,35	2,9
8	1,45	4,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	0,98	5,32	6,3	1	20,87	3,63
9	1,64	4,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,11	5,19	6,3	1	20,38	4,84
10	1,82	5,0	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,23	5,07	6,3	1	19,9	7,26
11	2,0	5,5	(6) XGrid PET PVC 60/30 IT	2	0,5	1,35	4,95	6,3	1	19,42	14,52

**Tabella 2-5 Combinazione 4**

#### VERIFICHE GLOBALI [Condizione drenata]

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (8,5/0,0) m

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (8,5/6,0) m

Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0) m



**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
P.U.V.	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kN/m <sup>2</sup> );
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	P.U.V.	Eps	Fi	Delta	c	β
6,0	0,0	21,0	15,0	26,4	0,0	0,0	0,0

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
90,0	0,47	0,55	0,08

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	179,0	0,0	8,48	2,0
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	8,48	3,0

Spinta incremento sismico	28,43	0,0	8,48	2,0
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	8,48	3,0
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	8,48	3,0
Peso muro	44,06	699,3	4,24	3,0

Momento stabilizzante      2965,03      kNm

Momento ribaltante      547,01 kNm

#### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali      251,48 kN

Sommatoria forze verticali      699,3 kN

Coefficiente di attrito      0,4

Adesione      22,0 kN/m<sup>2</sup>

Angolo piano di scorrimento      360,0 °

Forze normali al piano di scorrimento      699,3 kN

Forze parall. al piano di scorrimento      251,48 kN

**Coeff. sicurezza traslazione Csd      1,85**

**Traslazione verificata Csd>1**

#### Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante      2965,03 kNm

Momento ribaltante      547,01 kNm

**Coeff. sicurezza ribaltamento Csv      5,42**

**Muro verificato a ribaltamento Csv>1**

**Carico limite: TERZAGHI**

Somma forze in direzione x	251,48	kN
Somma forze in direzione y (Fy)	699,3	kN
Somma momenti	-2418,02	kNm
Larghezza fondazione	8,3	m
Lunghezza	8,3	m
Eccentricità su B	0,69	m
Peso unità di volume	21,2	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	22,0	°
Coesione	22,0	kN/m <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	0,5	m
Peso terreno sul piano di posa	21,2	kN/m <sup>3</sup>
Nq	9,19	
Nc	20,27	
Ng	6,61	
sq	1,0	
sc	1,0	
sg	1,0	
iq	1,0	
ic	1,0	
ig	1,0	

Carico limite verticale (Qlim) 9339,07 kN

**Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy) 13,35**

**Carico limite verificato  $Csq > 1$**

**Tensioni sul terreno**

Ascissa centro sollecitazione	3,46	m
Larghezza della fondazione	8,3	m
x = 0,0 Tensione...	126,41	kN/m <sup>2</sup>
x = 8,3 Tensione...	42,09	kN