

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA NUOVA ENNA – DITTAINO (LOTTO 4b)**

**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna

SCALA:

-

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

RS3V 40 D 29 RH GE0005 009 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	M. Tartaglia	Febbraio 2020	M. Arcangeli	Febbraio 2020	F. Sparacino	Febbraio 2020	F. Arduini Febbraio 2020 Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dipartimento Regionale per la Provincia di Roma

File: RS3V40D29RHGE0005009A.DOC

n. Elab.: 184\_1



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	2 di 53

## INDICE

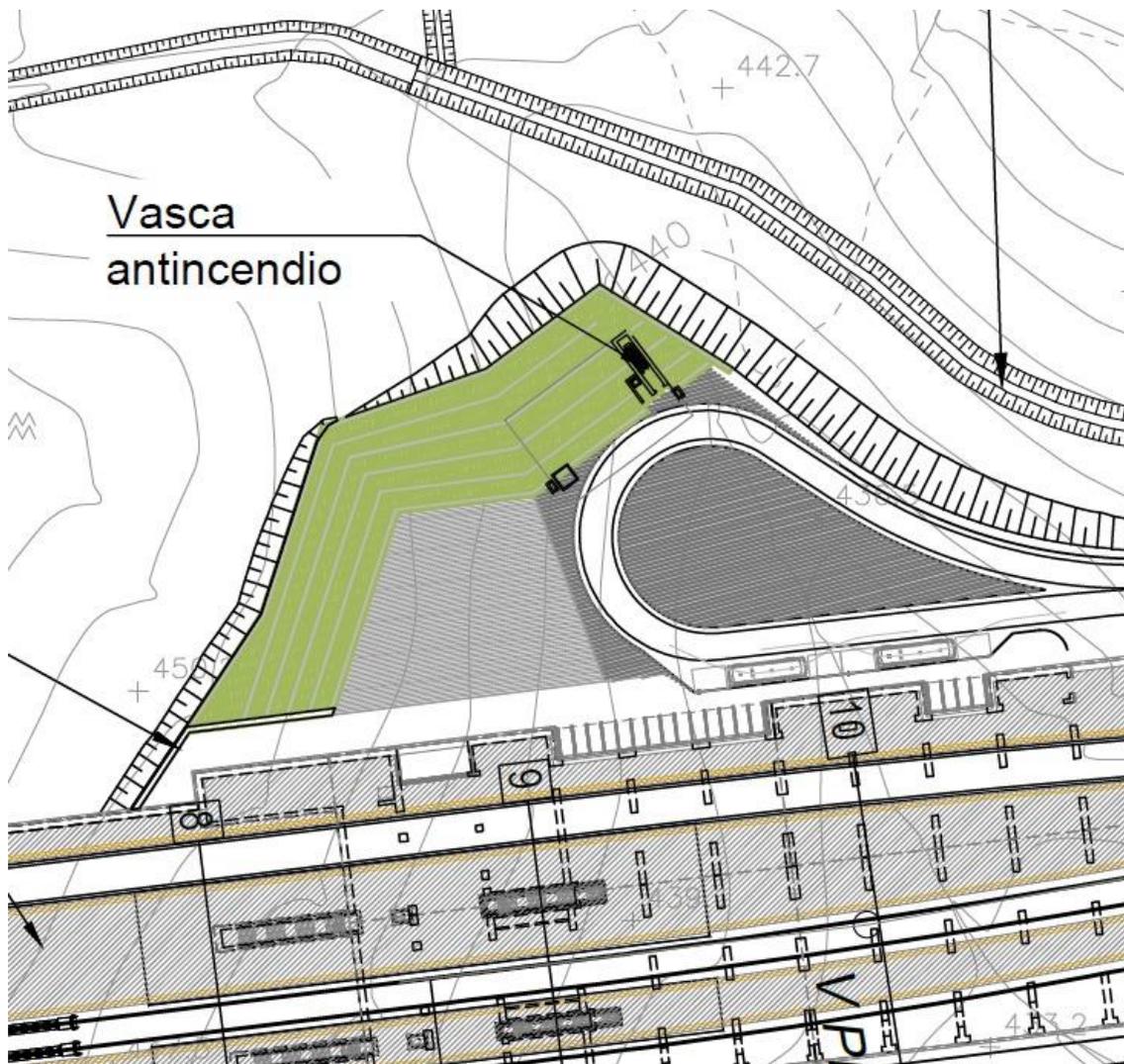
1.	GENERALITA' .....	3
2.	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....	3
3.	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	3
4.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
5.	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA .....	6
6.	CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	6
7.	MATERIALI .....	9
8.	ANALISI DEI CARICHI .....	9
8.1	PESO PROPRIO .....	9
8.2	SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE .....	10
8.3	SPINTA IN PRESENZA DI FALDA (COND. DI CARICO 4) .....	11
8.4	SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE .....	11
8.5	FORZA DI INERZIA .....	11
8.6	COEFFICIENTI DI ATTRITO STRUTTURA-TERRENO .....	12
8.7	CARICHI VARIABILI .....	12
9.	COMBINAZIONI DI CARICO .....	12
10.	CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE DI SOSTEGNO .....	14
10.1	VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE .....	14
10.1.1	<i>Verifiche allo scorrimento</i> .....	14
10.1.2	<i>Verifiche a Ribaltamento</i> .....	14
10.1.3	<i>Verifica di Capacità Portante (Carico Limite fondazioni dirette)</i> .....	14
10.1	VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE .....	18
10.1.1	<i>Verifiche in fase sismica</i> .....	19
11.	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO .....	20
12.	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI .....	20
12.1	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE SINGOLO MURO IN GABBIONI .....	20
12.1.1	<i>Modello di calcolo</i> .....	20
12.2	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE ALLA STABILITÀ GLOBALE DEL SISTEMA PENDIO- GABBIONI .....	23
12.2.1	<i>Modello di calcolo</i> .....	24
13.	TABULATI DI CALCOLO .....	25

## 1. GENERALITA'

Nel presente documento si riportano i dimensionamenti e le verifiche geotecniche relative ai muri di sostegno in gabbioni di supporto alla viabilità NV04 nell'ambito del Progetto Definitivo lotto 4b della tratta denominata nuova Enna - Dittaino relativa al Nuovo Collegamento ferroviario Palermo - Catania.

## 2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento ai muri di sostegno in gabbioni previsti nel piazzale antistante la nuova stazione di Enna.



## 3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La tipologia di muro a cui si fa riferimento è un muro in gabbioni caratterizzato da un'altezza dell'opera  $H_{tot}$  pari a 1 e da una base  $B$  pari a 1m. In particolare è presente un sistema di gabbioni a sostegno della scarpata come riportato in figura

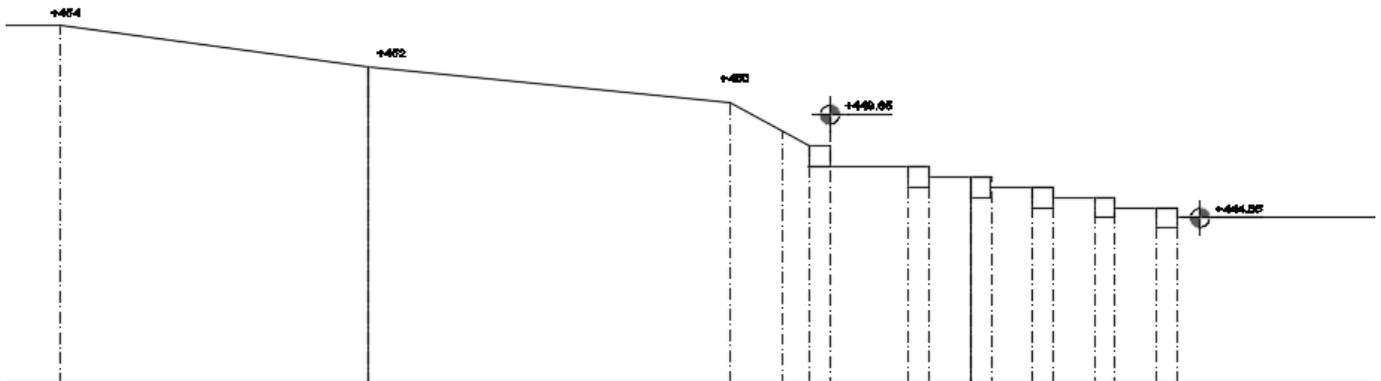


Figura 3.1 – Sistema opere in gabbioni

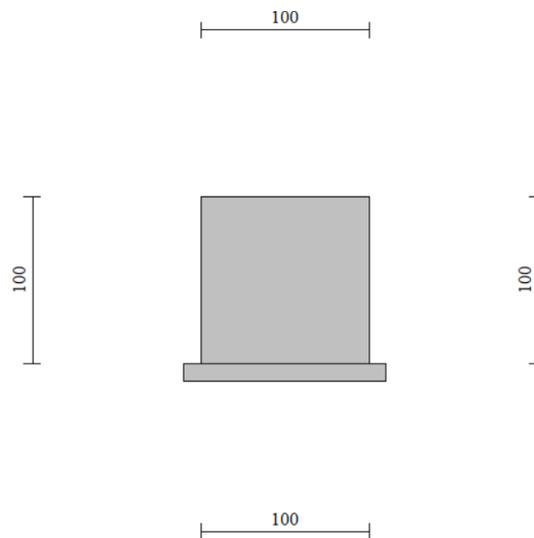


Figura 3.2 – Geometria gabbione

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per le lunghezze  $\Rightarrow$  m, mm
- per i carichi  $\Rightarrow$  kN, kN/m<sup>2</sup>, kN/m<sup>3</sup>
- per le azioni di calcolo  $\Rightarrow$  kN, kNm
- per le tensioni  $\Rightarrow$  Mpa

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

#### 4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- [N.1]. L. n. 64 del 2/2/1974 "Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- [N.2]. L. n. 1086 del 5/11/1971 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- [N.3]. Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018
- [N.4]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- [N.5]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.
- [N.6]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- [N.7]. RFI DTC SI MA IFS 001 B - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.8]. RFI DTC SI SP IFS 001 B - Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- [N.9]. UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

## 5. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Dall'esame di quanto riportato nella relazione geotecnica di riferimento, in via cautelativa, si è scelto come terreno di fondazione l'unità Cap C-cappellaccio coesivo limoso, avente le seguenti caratteristiche geo-meccaniche:

### Unità cap-s – cappellaccio sabbioso limoso (alterazione della formazione di base)

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso dell'unità di volume
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 33^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_o = 150 \div 300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$V_s = 150 \div 250 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$K = 10^{-7} \text{ m/s}$	permeabilità

<i>Terreno</i>	<i>Litotipo</i>	$\gamma$	$\phi'$	$c'$
		<i>(kN/m<sup>3</sup>)</i>	<i>(°)</i>	<i>(kPa)</i>
<b>Terreno di Riempimento</b>	Unità Cap-s	19.5	33	0
<b>Terreno di Fondazione</b>	Unità Cap-s	19.5	33	5

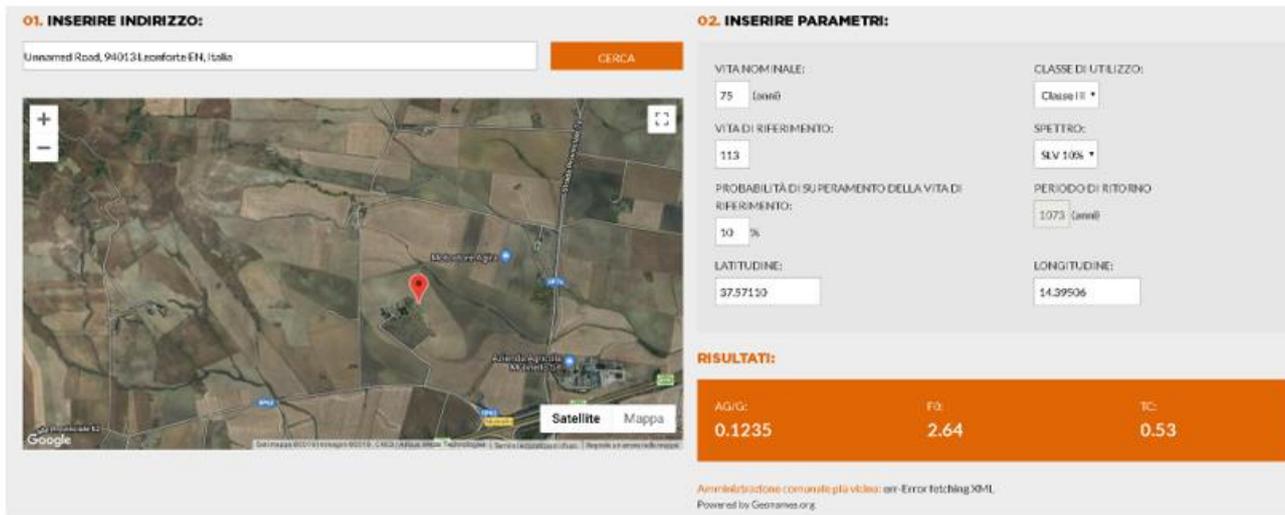
**Falda:** La quota di falda è posta ad una profondità tale da essere trascurabile

## 6. CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 17 gennaio 2018 nonché la valutazione delle sollecitazioni di verifica e di dimensionamento dei vari elementi strutturali secondo il criterio della Gerarchia delle Resistenze.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

T2' -pk+1+680--pk+7+975-(Galleria)¶



**01. INSERIRE INDIRIZZO:**  
 Unnamed Road, 940134 Leonforte EN, Italia CERCA

**02. INSERIRE PARAMETRI:**

VITA NOMINALE: 75 (anni) CLASSE DI UTILIZZO: Classe III

VITA DI RIFERIMENTO: 113 SPETTRO: SLV 10%

PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO DELLA VITA DI RIFERIMENTO: 10 % PERIODO DI RITORNO: 1073 (anni)

LATITUDINE: 37.57150 LONGITUDINE: 14.39506

**RISULTATI:**

AG/G:	F <sub>0</sub> :	T <sub>c</sub> :
0.1235	2.64	0.53

Amministrazione comunale più vicina: an-Error fetching XML  
 Powered by Geomatics.org

Figura 1 – Configurazione planimetrica tracciato

Alle opere si definisce una vita nominale  $V_N$  pari a 75 anni e una classe d'uso III a cui corrisponde il coefficiente  $C_u$  pari a 1.5 (§ 2.4.2, DM 17/01/2018). Di conseguenza il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica risulta pari a  $V_R = V_N \cdot C_u = 112.5$

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica,  $P_{VR}$ , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo  $V_R$  dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma di progetto. Sulla base delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno del sisma di progetto,  $T_R$ , sopra definito, si ricavano i parametri che caratterizzano il sisma di progetto relativo al sito di riferimento, rigido ed orizzontale (Tabella 1 dell'allegato B del D.M. 17/01/2018):

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T^*_c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per le opere provvisionali di imbocco il periodo di ritorno si determina con l'espressione:

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

Per tenere conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (DM 17/01/2018):

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

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

$S_S$  è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici  $F_0$  e  $a_g/g$  (Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/2018);

$S_T$  è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.VI del D.M. 17/01/2018).

Si ha dunque la seguente caratterizzazione sismica ( $V_N=75$  cu=1.5, SLV, Categoria C):

$$a_g / g = 0.125,$$

$$S_s = 1.50$$

$$S_T = 1.2$$

Da cui  $a_{max} = 0.125 * 1.50 * 1.2 = 0.225g$

Per le opere di sostegno nelle verifiche SLV, il coefficiente di riduzione dall'accelerazione massima attesa al sito va assunto pari a  $\beta_s = 0.38$ .

Quindi si ha in condizioni sismiche:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max} / g = 0.38 \cdot 0.225 = 0.0825$$

$$k_v = \pm k_h / 2 = \pm 0.042$$

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

## 7. MATERIALI

I gabbioni sono costituiti da materiale avente le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

peso di volume  $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$ ;

angolo di attrito  $\varphi' = 45^\circ$ ;

coesione efficace  $c' = 0$ .

## 8. ANALISI DEI CARICHI

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno sono le seguenti:

- **azioni permanenti strutturali:** peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte dell'opera .
- **azioni variabili:** azione carico variabile per manutenzione pari a  $5 \text{ kN/m}^2$  (categoria H).
- **azione sismica:** l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 6.

In corrispondenza di un evento sismico è necessario tener conto dell'amplificazione/deamplificazione delle spinte del terreno a monte e a valle dell'opera.

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 17/01/2018, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazioni di esercizio (SLE)
- combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile è pari a 0

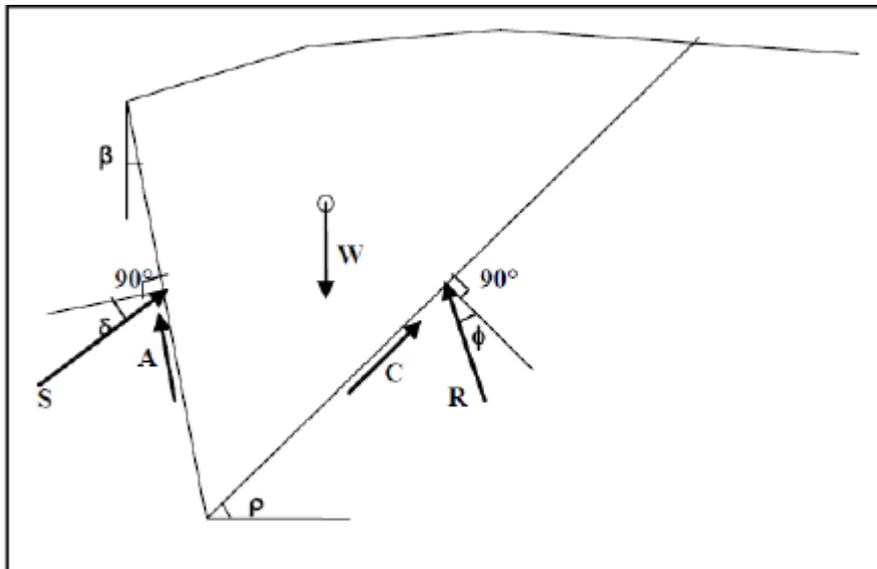
Nel seguito si andranno ad esporre in dettaglio, le valutazioni di calcolo effettuate per ciascuna delle condizioni citate.

### 8.1 Peso proprio

Il peso proprio delle strutture è determinato automaticamente dal programma di calcolo, avendo considerato un peso dell'unità di volume del materiale che costituisce i gabbioni pari a  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ .

## 8.2 Spinta del terreno in condizioni statiche

Nel caso di muro su fondazione diretta, la mobilitazione della spinta attiva si può considerare sempre verificata. In tal caso le spinte esercitate dal terrapieno e dagli eventuali carichi presenti su di esso sono state valutate con il metodo di Culmann. Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente.



Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea. I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno. Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb. Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

### 8.3 Spinta in presenza di falda (cond. di carico 4)

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

$$\gamma_a = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso di volume dell'acqua.

Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

Nel caso in esame, in relazione a quanto specificato al paragrafo 5, il regime di spinta non è influenzato dalla presenza della falda.

### 8.4 Spinta del terreno in condizioni sismiche

In condizioni sismiche si considera la spinta valutata in condizioni di spinta attiva a cui si aggiunge la sovrappinta sismica valutata con il metodo di Mononobe e Okabe ed applicata ad H/3 (distribuzione triangolare).

### 8.5 Forza di inerzia

Per la valutazione dell'azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti sulle spalle si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui il sisma è rappresentato da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k_h$  (coefficiente sismico orizzontale) o  $k_v$  (coefficiente sismico verticale) secondo quanto di seguito indicato:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontali  $k_h$  e verticale  $k_v$ , relativi allo stato limite considerato, sono posti pari all'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo  $T=0$ , per la componente orizzontale, ed a quella corrispondente al periodo proprio  $T=T_0$ , per la componente verticale.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui al paragrafo 7.11.6.2.1 della NTC

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

Pertanto si ha:

$ag/g =$	0.125
$\beta_m =$	0.38
$S_s =$	1.5
$S_T =$	1.2

$K_h =$	0.0825	coefficiente sismico orizzontale
$K_v =$	0.042	coefficiente sismico verticale

## 8.6 Coefficienti di attrito struttura-terreno

Per l'attrito paramento – terreno si utilizza il valore  $\delta = 0.6 \varphi'$  in fase statica e  $\delta = 0$  in fase sismica. Tuttavia, il software di calcolo utilizzato non consente di differenziare il valore del coefficiente di attrito nelle varie fasi di calcolo. Pertanto è stato utilizzato, per la valutazione dei coefficienti di spinta del terreno di rinterro, cautelativamente  $\delta=0$  sia in fase statica che in fase sismica. Tale assunzione, peraltro, non risulta essere particolarmente gravosa in quanto nella maggioranza dei casi esaminati la condizione di carico dimensionante è risultata essere quella sismica.

Per quanto riguarda l'attrito fondazione muro – terreno, in funzione dell'angolo d'attrito del terreno, si sono assunti i seguenti valori:

per	$\varphi < 30^\circ$	$\delta = \text{tg } \varphi'$ ;
per	$\varphi > 35^\circ$	$\delta = 0.85 \text{ tg } \varphi'$ ;
per	$30^\circ \leq \varphi \leq 35^\circ$	$\delta$ si ricava per interpolazione lineare

Infine l'adesione ca terra-opera sarà considerata nulla.

## 8.7 Carichi variabili

In corrispondenza del rilevato è presente un carico variabile (categoria H) pari a  $0.5 \text{ kN/m}^2$  che simula gli effetti della manutenzione.

## 9. COMBINAZIONI DI CARICO

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 17/01/2018, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione di esercizio (SLE)
- combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile è pari a 0

Ai fini della scelta dei coefficienti parziali da applicare alle azioni ( $\gamma$ ), la norma definisce inoltre, per il caso specifico delle opere di sostegno, due possibili approcci progettuali ovvero:

#### **Approccio 1:**

Fase Statica: A1+M1+R3 (STR – Combinazione per le verifiche strutturali)

A2+M2+R2 (GEO – Combinazione per la verifica alla stabilità globale)

Fase Sismica: 1+M1+R3 (EQK-STR – Combinazione per le verifiche strutturali in fase sismica)

1+M2+R1 (EQK-GEO – Combinazione per le verifiche geotecniche in fase sismica)

#### **Approccio 2:**

Fase Statica: A1+M1+R3 (STR / GEO – Combinazione per le verifiche strutturali e geotecniche)

Fase Sismica: 1+M1+R3 (EQK- STR/GEO – Combinazione per le verifiche strutturali e geotecniche in fase sismica)

essendo:

Nel caso in esame si opererà utilizzando l'APPROCCIO 2.

Per un riepilogo delle Combinazioni di Calcolo considerate nelle analisi si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

## 10. CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE DI SOSTEGNO

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 17/01/2018 e della Circolare n.7/19.

### 10.1 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE

#### 10.1.1 Verifiche allo scorrimento

È stato verificato il rispetto della seguente condizione:

$$F_s = (a' \cdot B + N \cdot \tan \mu) / H > 1.0$$

Dove:

N = Risultante delle azioni ortogonali al piano di scorrimento

H = Risultante delle azioni parallele al piano di scorrimento

a' = adesione terreno fondazione, posta pari a zero,

B = Dimensione della Fondazione sul piano di scorrimento.

$\mu$  = Coefficiente di attrito fondazione - terreno

#### 10.1.2 Verifiche a Ribaltamento

La verifica al ribaltamento rispetto al vertice esterno della fondazione è viene trattata secondo la normativa come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i relativi coefficienti sulle azioni di cui alla tabella 2.6.I delle NTC, adoperando i coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

Nella fattispecie, per ciascuna delle combinazioni di Verifica allo SLU statico e sismico rispetto alle quali è prescritta la verifica al ribaltamento, è stata verificata il rispetto della seguente condizione:

$$M_{STAB} \geq M_{RIB}$$

essendo

$M_{RIB}$  = Risultante momenti ribaltanti

$M_{STAB}$  = Risultante momenti stabilizzanti

#### 10.1.3 Verifica di Capacità Portante (Carico Limite fondazioni dirette)

Per la valutazione del carico limite delle fondazioni dirette si utilizza il criterio di Brinch-Hansen di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Dette:

c Coesione



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	15 di 53

- ca Adesione lungo la base della fondazione ( $ca \leq c$ )  
 V Azione tagliante  
 $\varphi$  Angolo d'attrito  
 $\delta$  Angolo di attrito terreno fondazione  
 $\gamma$  Peso specifico del terreno  
 Kp Coefficiente di spinta passiva espresso da  $Kp = \tan^2(45^\circ + \varphi/2)$   
 B Larghezza della fondazione  
 L Lunghezza della fondazione  
 D Profondità del piano di posa della fondazione  
 $\eta$  inclinazione piano posa della fondazione  
 P Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione  
 qult Carico ultimo della fondazione

Risulta:

#### Caso generale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

#### Caso di terreno puramente coesivo $\varphi = 0$

$$q_{ult} = 5.14 \cdot c \cdot (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

in cui  $dc$ ,  $dq$  e  $d\gamma$  sono i fattori di profondità,  $sc$ ,  $sq$  e  $s\gamma$  sono i fattori di forma,  $ic$ ,  $iq$  e  $i\gamma$  sono i fattori di inclinazione del carico,  $bc$ ,  $bq$  e  $b\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa e  $gc$ ,  $gq$  e  $g\gamma$  sono fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  sono espressi come:

$$N_q = Kp \cdot e^{\pi \cdot tg \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg \varphi$$

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

Fattori di forma

Fattori di profondità



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	16 di 53

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$
	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \text{tg} \phi$
	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \text{arctg} \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

### Fattori inclinazione del carico

Indicando con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con Af l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B' \times L'$  (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B, L e all'eccentricità del carico  $e_B, e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$  e  $L' = L - 2e_L$ ) con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta = 0$  per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

per $\phi = 0$		per $\phi > 0$	
$i_c = \frac{1}{2} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$		$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	
		$i_q = \left( 1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$	
		Per $\eta = 0$	$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$
		Per $\eta > 0$	$i_\gamma = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ)H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$

### Fattori inclinazione del piano di posa della fondazione

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$
	$b_q = e^{-2.7\eta \phi}$
	$b_\gamma = e^{-2.7\eta \phi}$

### Fattori di inclinazione del terreno

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
	$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \text{tg} \beta)^\beta$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	17 di 53

$$H < V \operatorname{tg}(\delta) + A_r \text{ ca}$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

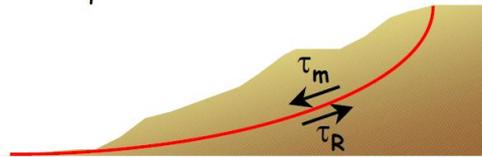
$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

## 10.1 VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

Per la analisi di stabilità globale presentate nel seguito del presente documento, si è fatto riferimento ai metodi dell'equilibrio limite, messi a punto da diversi autori tra cui, Fellenius, Bishop, Janbu, Morgestern-Price, ecc.

In generale, ciascuno metodo va alla ricerca del potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie.



Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b, interessati da azioni taglianti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

Nel caso in esame, è stata utilizzato in particolare il metodo di Bishop, di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Il coefficiente di sicurezza si esprime mediante la relazione:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{b_i c_i + W_i \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

con

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

dove n è il numero delle strisce considerate, bi ed ai sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i-esima rispetto all'orizzontale, Wi è il peso della striscia i-esima e ci e phi sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di eta. Quindi essa va risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per eta da inserire nell'espressione di m ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

### 10.1.1 Verifiche in fase sismica

Per ciò che concerne le verifiche in condizioni sismiche, la normativa fornisce al punto 7.11.3.5 indicazioni circa le azioni aggiuntive da considerare nell'ambito delle verifiche di Stabilità di Pendii in occasione di eventi sismici; nella fattispecie, si specifica che L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici, di riferimento per le analisi esposte nel seguito del documento, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tali forze possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W \text{ (azione sismica orizzontale)}$$

$$F_v = k_v \times W \text{ (azione sismica verticale)}$$

risultando:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad (7.11.3)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.4)$$

con:

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, come da indicazioni Tab 7.11.1

**Tabella 7.11.1 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.**

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \text{ (accelerazione massima attesa al sito)}$$

$S_S$ : coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T$ : coefficiente di amplificazione topografica

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

## 11. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

A riguardo si precisa che i calcoli sono stati effettuati, con riferimento ad un modello di muro di lunghezza unitaria, mediante Ausilio del Software commerciale MAX 15 prodotto e distribuito dalla Aztec Informatica, con sede in Corso Umberto 43, Casole Bruzio (CS).

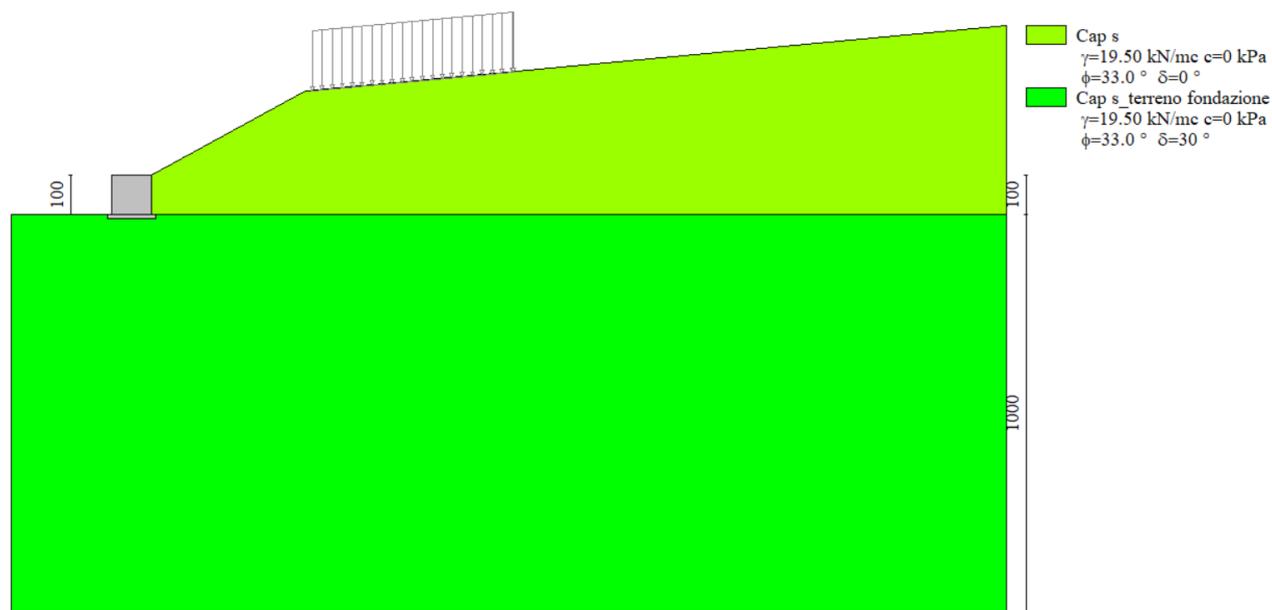
Per l'analisi di stabilità globale dell'inetero sistema di gabbioni si è ricorso al Software di calcolo GeoSlope.

## 12. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI

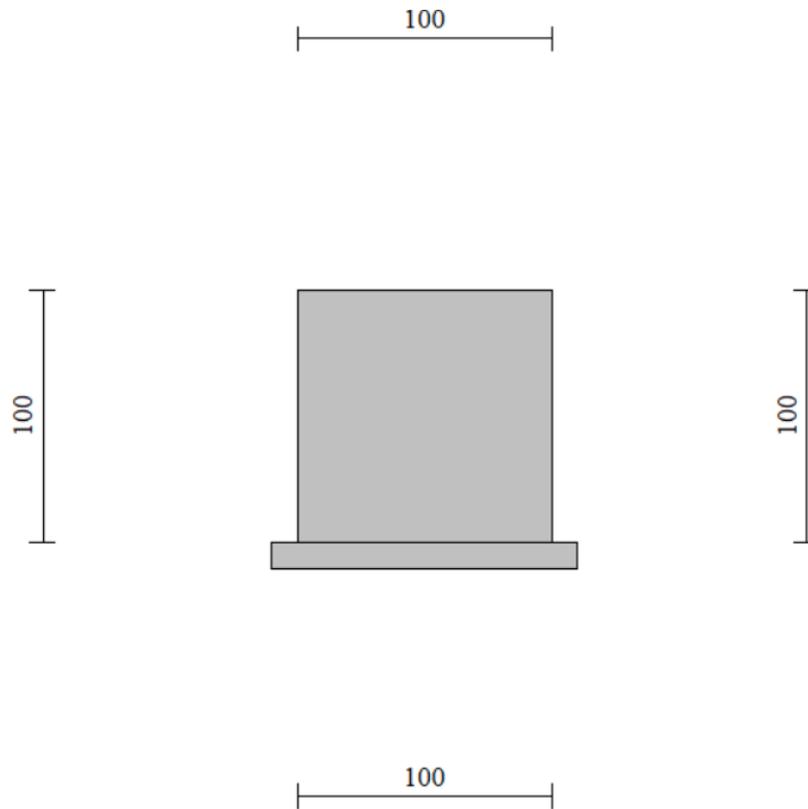
Di seguito si riportano i risultati delle analisi dei muri in gabbioni definiti al paragrafo 3. In particolare è stato analizzato il caso più gravoso costituito dal muro in gabbioni situato in prossimità della scarpata.

### 12.1 Risultati analisi e verifiche singolo muro in gabbioni

#### 12.1.1 Modello di calcolo



Modello di calcolo muro



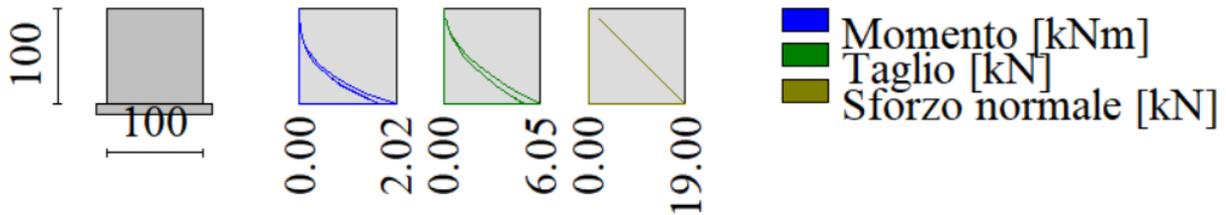
*Geometria muro*

n°	Combinazione	Sismica	FSsco	FSqlim	FSrib	FSstab	FShyd	FSupl
1	STR (A1-M1-R3)		1.851	1.958	--	--	--	--
2	STR (A1-M1-R3)	H + V	2.252	2.900	--	--	--	--
3	STR (A1-M1-R3)	H - V	2.251	2.922	--	--	--	--
4	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	1.254	--	--
5	GEO (A2-M2-R2)	H + V	--	--	--	1.539	--	--
6	GEO (A2-M2-R2)	H - V	--	--	--	1.539	--	--
7	EQU (A1-M1-R3)		--	--	4.707	--	--	--
8	EQU (A1-M1-R3)	H + V	--	--	5.415	--	--	--
9	EQU (A1-M1-R3)	H - V	--	--	5.255	--	--	--

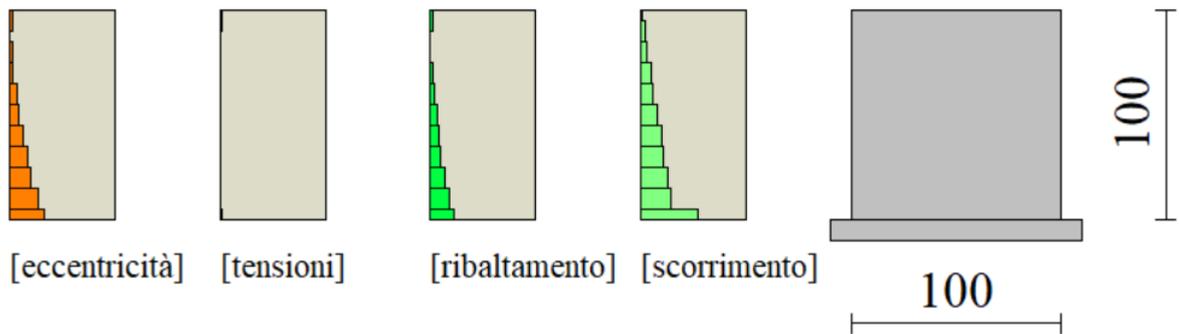
*Azioni risultanti sul muro*

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

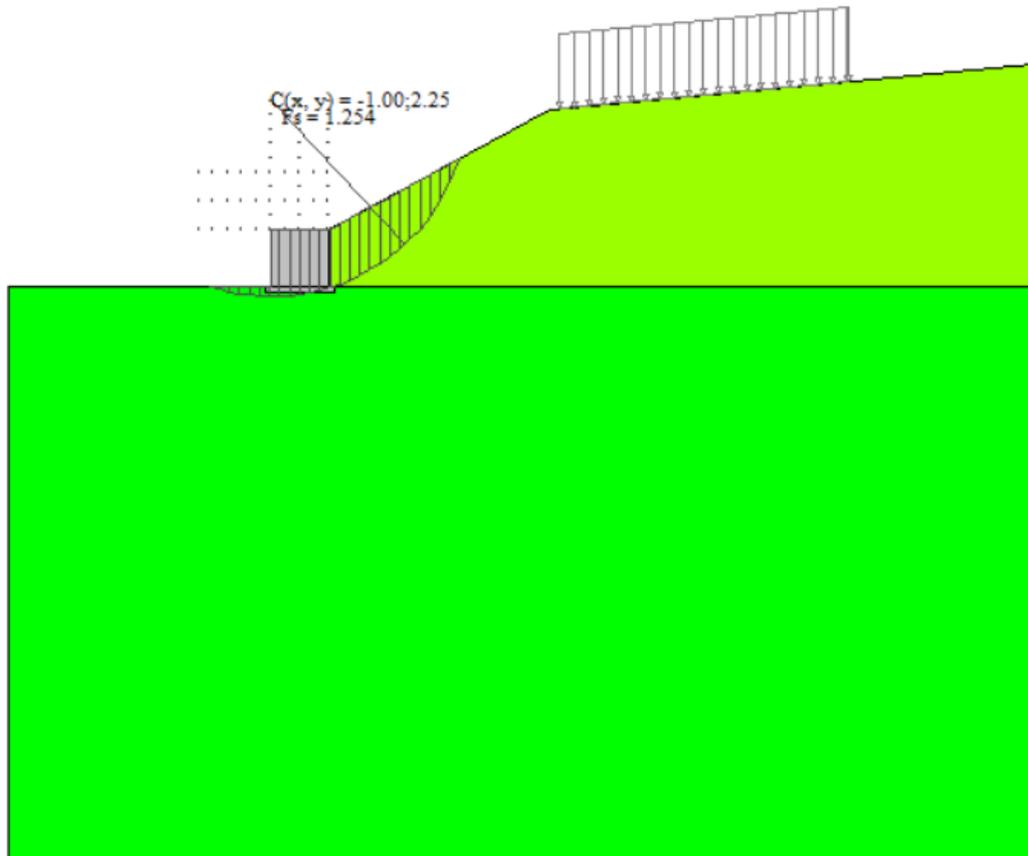
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	22 di 53



Inviluppo sollecitazioni sul muro



Verifiche muro a gravità



Verifica stabilità globale singolo gabbione

**12.2 Risultati analisi e verifiche alla stabilità globale del sistema pendio- gabbioni**

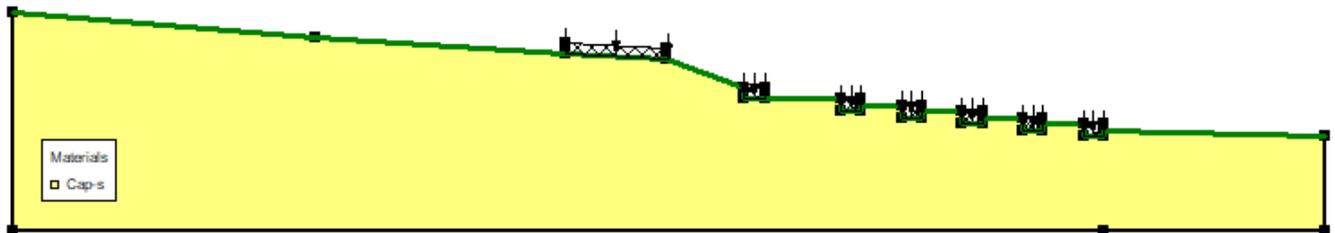
In particolare si è eseguita anche l'analisi di stabilità globale dell'intero sistema di gabbioni sia in condizioni statiche che sismiche.

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 ( $\gamma_R$ ) in condizioni SLU statiche, quindi il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare è  $F_S \geq 1.1$ .

In condizioni sismiche le verifiche di sicurezza sono mirate a controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione  $E_d < R_d$  [6.2.1] delle NTC 2018) impiegando lo stesso approccio delle condizioni statiche SLU (§ 6.8.2 delle NTC 2018) Combinazione (A2+M2+R2), ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1 delle NTC 2018) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1.2$ .

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale Stazione di Enna	COMMESSA RS3V	LOTTO 40 D29	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0005009	REV. A

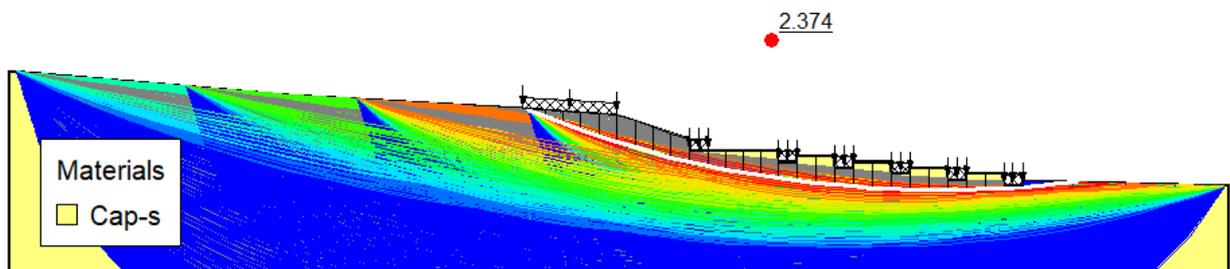
### 12.2.1 Modello di calcolo



I muri in gabbioni sono stati modellati come un carico verticale avente un peso di  $18 \text{ kN/m}^3$ , pari al peso dell'unità di volume del materiale che costituisce la gabbionata.

Si riporta il valore del coefficiente di sicurezza FS in condizioni statiche:

Factor of Safety	
■	2.374 - 2.474
■	2.474 - 2.574
■	2.574 - 2.674
■	2.674 - 2.774
■	2.774 - 2.874
■	2.874 - 2.974
■	2.974 - 3.074
■	3.074 - 3.174
■	3.174 - 3.274
■	≥ 3.274



Verifica stabilità globale complesso struttura-pendio: condizioni statiche

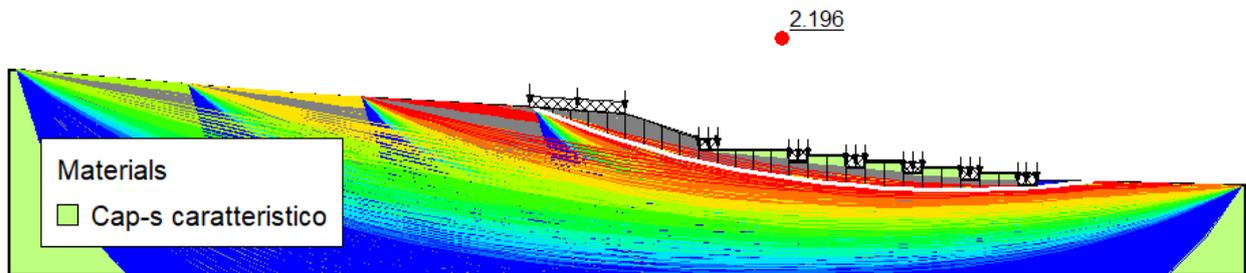
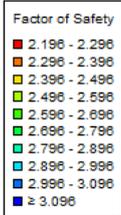
Si riporta il valore del coefficiente di sicurezza FS in condizioni sismiche:



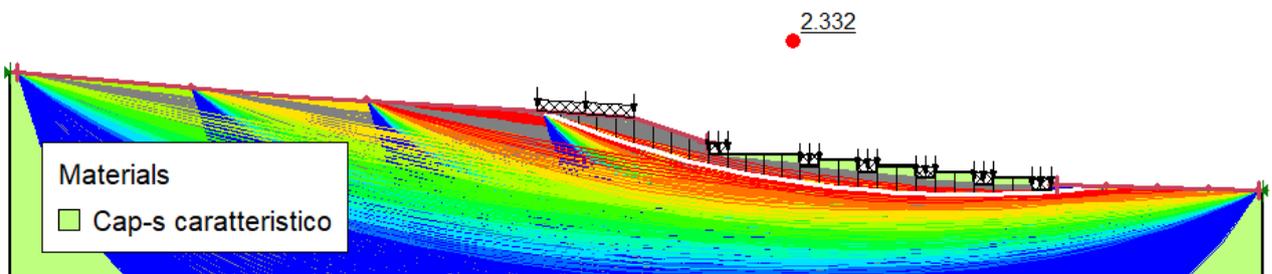
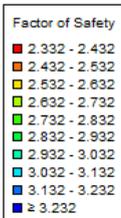
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 GEOTECNICA

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	25 di 53



*Verifica stabilità globale complesso struttura-pendio: condizioni sismiche (+kv)*



*Verifica stabilità globale complesso struttura-pendio: condizioni sismiche (-kv)*

### 13. TABULATI DI CALCOLO



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	26 di 53

Pietrame

## Materiali

### Simbologia adottata

n° Indice materiale

Descr Descrizione del materiale

#### Pietrame

$\gamma$  Peso di volume, espresso in [kN/mc]

$\sigma_{cp}$  Tensione di compressione, espresso in [kPa]

$\phi$  Angolo di attrito interno, espresso in [°]

$\tau_p$  Resistenza a taglio, espressa in [kPa]

### *Pietrame*

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\sigma_{cp}$ [kPa]	$\phi$ [°]	$\tau_p$ [kPa]
4	Pietrame	19.0000	2942	45.00	0

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata

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

n° numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	3.83	2.10	28.736
3	21.27	3.75	5.405

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	27 di 53

## Geometria muro

### *Geometria paramento e fondazione*

Lunghezza muro 10.00 [m]

#### Paramento

Materiale Pietrame  
Altezza paramento 1.00 [m]  
Altezza paramento libero 1.00 [m]

## **Geometria gradoni**

#### Simbologia adottata

n° indice gradone (a partire dall'alto)  
Bs, Bi Base superiore ed inferiore del gradone, espressa in [m]  
H altezza del gradone, espressa in [m]  
Ae, Ai inclinazione esterna ed interna del gradone espressa in [°]

n°	X	Bs	Bi	H	Ae	Ai
	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
1	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00

#### Fondazione

Materiale Pietrame  
Lunghezza mensola di valle 0.00 [m]  
Lunghezza mensola di monte 0.00 [m]  
Lunghezza totale 1.00 [m]  
Inclinazione piano di posa 0.00 [°]



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	28 di 53

Spessore	0.00	[m]
Spessore magrone	0.10	[m]

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n° Indice del terreno  
 Descr Descrizione terreno  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]  
 $\delta$  Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]  
 c Coesione espressa in [kPa]  
 ca Adesione terra-muro espressa in [kPa]

#### Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)  
 $\tau_l$  Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]
1	Cap C	20.0000	20.0000	25.000	25.000	5	0	---	---
2	CFR	19.0000	19.0000	24.000	0.000	0	0	---	---
3	TRVa	21.0000	21.0000	26.000	0.000	5	0	---	---
4	Riempimento	19.0000	19.0000	35.000	0.000	0	0	---	---
5	Cap s	19.5000	19.5000	33.000	0.000	0	0	---	---
6	Cap s terreno fondazione	19.5000	19.5000	33.000	30.500	0	0	---	---

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n° Indice dello strato  
 H Spessore dello strato espresso in [m]  
 $\alpha$  Inclinazione espressa in [°]  
 Terreno Terreno dello strato



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	29 di 53

Per calcolo pali (solo se presenti)

Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
Ks Coefficiente di spinta  
Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	1.00	0.000	Cap s	---	---	---	---	---
2	10.00	0.000	Cap s_ terreno fondazione	---	---	---	---	---

## Condizioni di carico

### Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

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

### Condizione n° 1 (Carico manutenzione) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.00 - \Psi_1=0.00 - \Psi_2=0.00$

### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					4.00	9.00	0.5000	0.5000



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	30 di 53

## Normativa

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

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

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

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

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00

### Coeff. parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

## Descrizione combinazioni di carico

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

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

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	31 di 53

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili, per i valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

**Simbologia adottata**

- $\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione
- $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Carico manutenzione	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	32 di 53

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico manutenzione	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Carico manutenzione	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	33 di 53

Comune

Provincia

Regione

Latitudine 35.571500

Longitudine 14.395060

Indice punti di interpolazione -1 - -1 - -1 - -1

Vita nominale 75 anni

Classe d'uso III

Tipo costruzione Normali affollamenti

Vita di riferimento 113 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.125	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.013	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.640	2.430
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.530	0.370
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	0.380	0.872	0.436
Ultimo - Ribaltamento	0.570	1.307	0.654
Esercizio	0.470	0.000	0.000

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

## Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	34 di 53

Criterio di riduzione per eccentricità della portanza Meyerhof

Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento) Nessuna

Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_{\gamma}$ ) Larghezza ridotta ( $B'$ )

Fattori di forma e inclinazione del carico Solo i fattori di inclinazione

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale Bishop

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante 0.00

Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione 50.00

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni NO

Considera terreno sulla fondazione di valle NO

Considera spinta e peso acqua fondazione di valle NO

Sezioni verifica muri a gravità Tutte

Richiesto controllo eccentricità verifiche muro a gravità in cls

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	35 di 53

## Risultati per combinazione

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C <sub>x</sub> , C <sub>y</sub>	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P <sub>x</sub> , P <sub>y</sub>	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	6.05	0.00	6.05	0.00	0.00	-0.67
	Peso/Inerzia muro			0.00	19.00/0.00	-0.50	-0.50
2	Spinta statica	4.65	0.00	4.65	0.00	0.00	-0.67
	Incremento di spinta sismica		0.17	0.17	0.00	0.00	-0.67
	Peso/Inerzia muro			0.17	19.00/0.08	-0.50	-0.50
3	Spinta statica	4.65	0.00	4.65	0.00	0.00	-0.67
	Incremento di spinta sismica		0.13	0.13	0.00	0.00	-0.67
	Peso/Inerzia muro			0.17	19.00/-0.08	-0.50	-0.50

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	19.00	6.05	2.02	9.50	0.106
2 - STR (A1-M1-R3)	19.08	4.99	1.69	9.54	0.089
3 - STR (A1-M1-R3)	18.92	4.95	1.72	9.50	0.089
4 - GEO (A2-M2-R2)	19.00	7.73	2.77	9.50	0.146
5 - GEO (A2-M2-R2)	19.08	4.99	1.69	9.54	0.089
6 - GEO (A2-M2-R2)	18.92	4.95	1.72	9.50	0.089



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	36 di 53

Ic	N	T	M <sub>r</sub>	M <sub>s</sub>	ecc
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]
7 - EQU (A1-M1-R3)	19.00	6.05	2.02	9.50	0.106
8 - EQU (A1-M1-R3)	19.12	5.17	1.77	9.56	0.092
9 - EQU (A1-M1-R3)	18.88	5.11	1.81	9.50	0.092

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.851		1.958			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.252		2.900			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.251		2.922			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.254		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.539		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.539		
7 - EQU (A1-M1-R3)			4.707				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		5.415				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		5.255				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	37 di 53

- Rt Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]  
 R Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]  
 T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	11.19	0.00	0.00	--	--	11.19	6.05	1.851
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	11.24	0.00	0.00	--	--	11.24	4.99	2.252
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	11.14	0.00	0.00	--	--	11.14	4.95	2.251

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

- n° Indice combinazione  
 N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]  
 Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]  
 Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	19.00	37.20	26.57	1.958
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	19.08	55.33	46.11	2.900
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	18.92	55.28	46.06	2.922

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

- n° Indice combinazione  
 Nc, Nq, N<sub>γ</sub> Fattori di capacità portante  
 ic, iq, i<sub>γ</sub> Fattori di inclinazione del carico  
 dc, dq, d<sub>γ</sub> Fattori di profondità del piano di posa  
 gc, gq, g<sub>γ</sub> Fattori di inclinazione del profilo topografico  
 bc, bq, b<sub>γ</sub> Fattori di inclinazione del piano di posa  
 sc, sq, s<sub>γ</sub> Fattori di forma della fondazione  
 pc, pq, p<sub>γ</sub> Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
 r<sub>γ</sub> Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B<sub>γ</sub>N<sub>γ</sub> viene moltiplicato per questo fattore



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	38 di 53

- D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]  
 $\phi$  Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	$r\gamma$	D	B' H	$\gamma$	$\phi$	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
1	38.638 26.092 26.166	0.646 0.646 0.216	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.000	0.00	1.00 0.92	19.50	33.00	0
2	38.638 26.092 26.166	0.701 0.701 0.309	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.000	0.00	1.00 0.92	19.50	33.00	0
3	38.638 26.092 26.166	0.701 0.701 0.309	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.000	0.00	1.00 0.92	19.50	33.00	0

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

- n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
7 - EQU (A1-M1-R3)	9.50	2.02	4.707
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	9.56	1.77	5.415
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	9.50	1.81	5.255

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

- Ic Indice/Tipo combinazione  
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
 R Raggio, espresso in [m]



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	39 di 53

FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-1.00; 2.25	3.41	1.254
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1.00; 2.25	3.41	1.539
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1.00; 2.25	3.41	1.539

## Dettagli strisce verifiche stabilità

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

- W peso della striscia espresso in [kN]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W	Qy	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	0.56	0.00	2.27 - 0.17	67.802	27.453	0	0.0	
2	1.51	0.00	0.17	62.083	27.453	0	0.0	
3	2.18	0.00	0.17	56.342	27.453	0	0.0	
4	2.67	0.00	0.17	51.379	27.453	0	0.0	
5	3.02	0.00	0.17	46.913	27.453	0	0.0	
6	3.29	0.00	0.17	42.795	27.453	0	0.0	
7	3.47	0.00	0.17	38.937	27.453	0	0.0	
8	3.60	0.00	0.17	35.280	27.453	0	0.0	
9	3.66	0.00	0.17	31.782	27.453	0	0.0	
10	3.68	0.00	0.17	28.412	27.453	0	0.0	
11	3.66	0.00	0.17	25.147	27.453	0	0.0	
12	3.59	0.00	0.17	21.967	27.453	0	0.0	
13	3.49	0.00	0.17	18.857	27.453	0	0.0	
14	3.40	0.00	0.17	15.804	27.453	0	0.0	
15	3.55	0.00	0.17	12.797	27.453	0	0.0	
16	3.66	0.00	0.17	9.825	27.453	0	0.0	
17	3.75	0.00	0.17	6.879	27.453	0	0.0	
18	3.81	0.00	0.17	3.952	27.453	0	0.0	
19	3.35	0.00	0.17	1.035	27.453	0	0.0	
20	0.53	0.00	0.17	-1.879	27.453	0	0.0	



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3V 40 D29 RH GE0005009 A 40 di 53

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
21	0.50	0.00	0.17	-4.798	27.453	0	0.0	
22	0.43	0.00	0.17	-7.730	27.453	0	0.0	
23	0.34	0.00	0.17	-10.682	27.453	0	0.0	
24	0.21	0.00	0.17	-13.663	27.453	0	0.0	
25	0.05	0.00	-2.07 - 0.17	-13.508	27.453	0	0.0	

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0.56	0.00	2.27 - 0.17	67.802	33.000	0	0.0	
2	1.51	0.00	0.17	62.083	33.000	0	0.0	
3	2.18	0.00	0.17	56.342	33.000	0	0.0	
4	2.67	0.00	0.17	51.379	33.000	0	0.0	
5	3.02	0.00	0.17	46.913	33.000	0	0.0	
6	3.29	0.00	0.17	42.795	33.000	0	0.0	
7	3.47	0.00	0.17	38.937	33.000	0	0.0	
8	3.60	0.00	0.17	35.280	33.000	0	0.0	
9	3.66	0.00	0.17	31.782	33.000	0	0.0	
10	3.68	0.00	0.17	28.412	33.000	0	0.0	
11	3.66	0.00	0.17	25.147	33.000	0	0.0	
12	3.59	0.00	0.17	21.967	33.000	0	0.0	
13	3.49	0.00	0.17	18.857	33.000	0	0.0	
14	3.40	0.00	0.17	15.804	33.000	0	0.0	
15	3.55	0.00	0.17	12.797	33.000	0	0.0	
16	3.66	0.00	0.17	9.825	33.000	0	0.0	
17	3.75	0.00	0.17	6.879	33.000	0	0.0	
18	3.81	0.00	0.17	3.952	33.000	0	0.0	
19	3.35	0.00	0.17	1.035	33.000	0	0.0	
20	0.53	0.00	0.17	-1.879	33.000	0	0.0	
21	0.50	0.00	0.17	-4.798	33.000	0	0.0	
22	0.43	0.00	0.17	-7.730	33.000	0	0.0	
23	0.34	0.00	0.17	-10.682	33.000	0	0.0	
24	0.21	0.00	0.17	-13.663	33.000	0	0.0	
25	0.05	0.00	-2.07 - 0.17	-13.508	33.000	0	0.0	

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0.56	0.00	2.27 - 0.17	67.802	33.000	0	0.0	
2	1.51	0.00	0.17	62.083	33.000	0	0.0	
3	2.18	0.00	0.17	56.342	33.000	0	0.0	
4	2.67	0.00	0.17	51.379	33.000	0	0.0	
5	3.02	0.00	0.17	46.913	33.000	0	0.0	
6	3.29	0.00	0.17	42.795	33.000	0	0.0	
7	3.47	0.00	0.17	38.937	33.000	0	0.0	
8	3.60	0.00	0.17	35.280	33.000	0	0.0	
9	3.66	0.00	0.17	31.782	33.000	0	0.0	
10	3.68	0.00	0.17	28.412	33.000	0	0.0	
11	3.66	0.00	0.17	25.147	33.000	0	0.0	
12	3.59	0.00	0.17	21.967	33.000	0	0.0	
13	3.49	0.00	0.17	18.857	33.000	0	0.0	
14	3.40	0.00	0.17	15.804	33.000	0	0.0	
15	3.55	0.00	0.17	12.797	33.000	0	0.0	
16	3.66	0.00	0.17	9.825	33.000	0	0.0	
17	3.75	0.00	0.17	6.879	33.000	0	0.0	



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	41 di 53

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
18	3.81	0.00	0.17	3.952	33.000	0	0.0	
19	3.35	0.00	0.17	1.035	33.000	0	0.0	
20	0.53	0.00	0.17	-1.879	33.000	0	0.0	
21	0.50	0.00	0.17	-4.798	33.000	0	0.0	
22	0.43	0.00	0.17	-7.730	33.000	0	0.0	
23	0.34	0.00	0.17	-10.682	33.000	0	0.0	
24	0.21	0.00	0.17	-13.663	33.000	0	0.0	
25	0.05	0.00	-2.07 - 0.17	-13.508	33.000	0	0.0	

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.  
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle  
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

## Paramento

### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.90	0.06	0.00
3	-0.20	3.80	0.24	0.02
4	-0.30	5.70	0.55	0.05
5	-0.40	7.60	0.97	0.13
6	-0.50	9.50	1.52	0.25
7	-0.60	11.40	2.18	0.44
8	-0.70	13.30	2.97	0.69
9	-0.80	15.20	3.87	1.03
10	-0.90	17.10	4.90	1.47
11	-1.00	19.00	6.05	2.02

### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.90	0.07	0.00
3	-0.20	3.80	0.23	0.02
4	-0.30	5.70	0.49	0.05
5	-0.40	7.60	0.84	0.12
6	-0.50	9.50	1.29	0.22



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	42 di 53

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
7	-0.60	11.40	1.84	0.38
8	-0.70	13.30	2.48	0.59
9	-0.80	15.20	3.22	0.88
10	-0.90	17.10	4.06	1.24
11	-1.00	19.00	4.99	1.69

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.90	0.06	0.00
3	-0.20	3.80	0.23	0.02
4	-0.30	5.70	0.48	0.05
5	-0.40	7.60	0.84	0.12
6	-0.50	9.50	1.28	0.22
7	-0.60	11.40	1.83	0.38
8	-0.70	13.30	2.46	0.59
9	-0.80	15.20	3.20	0.87
10	-0.90	17.10	4.03	1.23
11	-1.00	19.00	4.95	1.68

Verifiche strutturali

*Paramento in pietrame*

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
As	area sezione reagente espresso in [cmq]
e	eccentricità espresso in [cm]
$\sigma$	tensione espressa in [kPa]
Rt	resistenza ai carichi orizzontali espressa in [kN]
Et	Azione orizzontale espressa in [kN]
FSsco	fattore di sicurezza allo scorrimento (Rt/Et)
Ms	momento stabilizzante espresso in [kNm]
Mr	momento ribaltante espresso in [kNm]
FSrib	fattore di sicurezza a ribaltamento (Ms/Mr)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3V 40 D29 RH GE0005009 A 43 di 53

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	σ [kPa]	Rt [kN]	Et [kN]	FSsco	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
1	0.00	10000	0.00	0	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	100.000
2	-0.10	10000	0.11	2	1.9000	0.0612	31.068	0.9500	0.0020	466.015
3	-0.20	10000	0.43	4	3.8000	0.2446	15.534	1.9000	0.0163	116.504
4	-0.30	10000	0.96	6	5.7000	0.5489	10.384	2.8500	0.0550	51.827
5	-0.40	10000	1.71	8	7.6000	0.9725	7.815	3.8000	0.1301	29.216
6	-0.50	10000	2.67	11	9.5000	1.5161	6.266	4.7500	0.2535	18.739
7	-0.60	10000	3.84	14	11.4000	2.1805	5.228	5.7000	0.4373	13.034
8	-0.70	10000	5.22	17	13.3000	2.9657	4.485	6.6500	0.6936	9.587
9	-0.80	10000	6.81	21	15.2000	3.8718	3.926	7.6000	1.0345	7.347
10	-0.90	10000	8.61	26	17.1000	4.8986	3.491	8.5500	1.4720	5.808
11	-1.00	10000	10.62	31	11.1919	6.0462	1.851	9.5000	2.0182	4.707

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	σ [kPa]	Rt [kN]	Et [kN]	FSsco	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
1	0.00	10000	0.00	0	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	100.000
2	-0.10	10000	0.13	2	1.9000	0.0654	29.073	0.9500	0.0025	387.057
3	-0.20	10000	0.43	4	3.8000	0.2283	16.645	1.9000	0.0163	116.397
4	-0.30	10000	0.90	6	5.7000	0.4877	11.689	2.8500	0.0513	55.526
5	-0.40	10000	1.54	8	7.6000	0.8423	9.023	3.8000	0.1170	32.470
6	-0.50	10000	2.35	11	9.5000	1.2928	7.349	4.7500	0.2230	21.303
7	-0.60	10000	3.32	14	11.4000	1.8397	6.197	5.7000	0.3788	15.048
8	-0.70	10000	4.47	17	13.3000	2.4830	5.356	6.6500	0.5941	11.193
9	-0.80	10000	5.78	20	15.2000	3.2227	4.717	7.6000	0.8786	8.650
10	-0.90	10000	7.26	25	17.1000	4.0589	4.213	8.5500	1.2419	6.885
11	-1.00	10000	8.91	29	11.1919	4.9915	2.242	9.5000	1.6936	5.609

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	σ [kPa]	Rt [kN]	Et [kN]	FSsco	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
1	0.00	10000	0.00	0	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	100.000
2	-0.10	10000	0.13	2	1.9000	0.0649	29.254	0.9500	0.0024	389.196
3	-0.20	10000	0.43	4	3.8000	0.2267	16.764	1.9000	0.0162	117.172
4	-0.30	10000	0.89	6	5.7000	0.4840	11.777	2.8500	0.0510	55.923
5	-0.40	10000	1.53	8	7.6000	0.8358	9.093	3.8000	0.1162	32.712
6	-0.50	10000	2.33	11	9.5000	1.2826	7.407	4.7500	0.2213	21.465
7	-0.60	10000	3.30	14	11.4000	1.8251	6.246	5.7000	0.3759	15.164
8	-0.70	10000	4.43	17	13.3000	2.4631	5.400	6.6500	0.5895	11.281
9	-0.80	10000	5.73	20	15.2000	3.1968	4.755	7.6000	0.8717	8.719
10	-0.90	10000	7.20	24	17.1000	4.0261	4.247	8.5500	1.2320	6.940
11	-1.00	10000	8.84	29	11.1919	4.9510	2.261	9.5000	1.6801	5.654

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	σ [kPa]	Rt [kN]	Et [kN]	FSsco	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
1	0.00	10000	0.00	0	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	100.000
2	-0.10	10000	0.11	2	1.9000	0.0612	31.068	0.9500	0.0020	466.015
3	-0.20	10000	0.43	4	3.8000	0.2446	15.534	1.9000	0.0163	116.504
4	-0.30	10000	0.96	6	5.7000	0.5489	10.384	2.8500	0.0550	51.827



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3V 40 D29 RH GE0005009 A 44 di 53

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
5	-0.40	10000	1.71	8	7.6000	0.9725	7.815	3.8000	0.1301	29.216
6	-0.50	10000	2.67	11	9.5000	1.5161	6.266	4.7500	0.2535	18.739
7	-0.60	10000	3.84	14	11.4000	2.1805	5.228	5.7000	0.4373	13.034
8	-0.70	10000	5.22	17	13.3000	2.9657	4.485	6.6500	0.6936	9.587
9	-0.80	10000	6.81	21	15.2000	3.8718	3.926	7.6000	1.0345	7.347
10	-0.90	10000	8.61	26	17.1000	4.8986	3.491	8.5500	1.4720	5.808
11	-1.00	10000	10.62	31	11.1919	6.0462	1.851	9.5000	2.0182	4.707

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0.00	10000	0.00	0	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	100.000
2	-0.10	10000	0.15	2	1.9000	0.0746	25.484	0.9500	0.0029	327.680
3	-0.20	10000	0.48	4	3.8000	0.2485	15.289	1.9000	0.0182	104.250
4	-0.30	10000	0.98	6	5.7000	0.5208	10.945	2.8500	0.0559	50.999
5	-0.40	10000	1.65	8	7.6000	0.8902	8.538	3.8000	0.1256	30.249
6	-0.50	10000	2.50	11	9.5000	1.3572	7.000	4.7500	0.2372	20.028
7	-0.60	10000	3.51	14	11.4000	1.9226	5.930	5.7000	0.4003	14.238
8	-0.70	10000	4.70	17	13.3000	2.5861	5.143	6.6500	0.6250	10.641
9	-0.80	10000	6.06	21	15.2000	3.3480	4.540	7.6000	0.9208	8.253
10	-0.90	10000	7.59	25	17.1000	4.2082	4.064	8.5500	1.2978	6.588
11	-1.00	10000	9.29	30	11.1919	5.1666	2.166	9.5000	1.7658	5.380

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0.00	10000	0.00	0	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	100.000
2	-0.10	10000	0.15	2	1.9000	0.0739	25.693	0.9500	0.0029	329.979
3	-0.20	10000	0.48	4	3.8000	0.2461	15.440	1.9000	0.0181	105.182
4	-0.30	10000	0.97	6	5.7000	0.5153	11.061	2.8500	0.0553	51.502
5	-0.40	10000	1.64	8	7.6000	0.8805	8.632	3.8000	0.1243	30.564
6	-0.50	10000	2.47	11	9.5000	1.3421	7.079	4.7500	0.2346	20.243
7	-0.60	10000	3.47	14	11.4000	1.9007	5.998	5.7000	0.3960	14.395
8	-0.70	10000	4.65	17	13.3000	2.5564	5.203	6.6500	0.6180	10.760
9	-0.80	10000	5.99	21	15.2000	3.3092	4.593	7.6000	0.9105	8.347
10	-0.90	10000	7.50	25	17.1000	4.1591	4.112	8.5500	1.2831	6.663
11	-1.00	10000	9.19	29	11.1919	5.1060	2.192	9.5000	1.7456	5.442



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	45 di 53

## Risultati per involuppo

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	Cx	Cy	Px	Py
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
1	Spinta statica	6.05	0.00	6.05	0.00	0.00	-0.67
	Peso/Inerzia muro			0.00	19.00/0.00	-0.50	-0.50

### Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N	T	Mr	Ms	ecc
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]
1 - STR (A1-M1-R3)	19.00	6.05	2.02	9.50	0.106
2 - STR (A1-M1-R3)	19.08	4.99	1.69	9.54	0.089
3 - STR (A1-M1-R3)	18.92	4.95	1.72	9.50	0.089
4 - GEO (A2-M2-R2)	19.00	7.73	2.77	9.50	0.146
5 - GEO (A2-M2-R2)	19.08	4.99	1.69	9.54	0.089
6 - GEO (A2-M2-R2)	18.92	4.95	1.72	9.50	0.089
7 - EQU (A1-M1-R3)	19.00	6.05	2.02	9.50	0.106
8 - EQU (A1-M1-R3)	19.12	5.17	1.77	9.56	0.092
9 - EQU (A1-M1-R3)	18.88	5.11	1.81	9.50	0.092



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	46 di 53

Verifiche geotecniche

*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>SUPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.851		1.958			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.252		2.900			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.251		2.922			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.254		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.539		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.539		
7 - EQU (A1-M1-R3)			4.707				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		5.415				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		5.255				

*Verifica a scorrimento fondazione*

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
----	-----	-----	-----	----	----	---	---	----



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	47 di 53

	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
1 - STR (A1-M1-R3)	11.19	0.00	0.00	--	--	11.19	6.05

*Verifica a carico limite*

**Simbologia adottata**

- n°      Indice combinazione
- N      Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
- Qu     carico limite del terreno, espresso in [kN]
- Qd     Portanza di progetto, espresso in [kN]
- FS     Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	19.00	37.20	26.57	1.958

**Dettagli calcolo portanza**

**Simbologia adottata**

- n°      Indece combinazione
- Nc, Nq, N<sub>γ</sub>      Fattori di capacità portante
- ic, iq, i<sub>γ</sub>      Fattori di inclinazione del carico
- dc, dq, d<sub>γ</sub>      Fattori di profondità del piano di posa
- gc, gq, g<sub>γ</sub>      Fattori di inclinazione del profilo topografico
- bc, bq, b<sub>γ</sub>      Fattori di inclinazione del piano di posa
- sc, sq, s<sub>γ</sub>      Fattori di forma della fondazione
- pc, pq, p<sub>γ</sub>      Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
- r<sub>γ</sub>      Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B<sub>γ</sub>N<sub>γ</sub> viene moltiplicato per questo fattore
- D      Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
- B'      Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
- H      Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
- γ      Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
- φ      Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
- c      Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	48 di 53

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	r <sub>γ</sub>	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
1	38.638 26.092 26.166	0.646 0.646 0.216	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.000	0.00	1.00 0.92	19.50	33.00	0

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

- n°      Indice combinazione
- Ms      Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
- Mr      Momento ribaltante, espresso in [kNm]
- FS      Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
7 - EQU (A1-M1-R3)	9.50	2.02	4.707

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

- Ic      Indice/Tipo combinazione
- C      Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
- R      Raggio, espresso in [m]
- FS      Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-1.00; 2.25	3.41	1.254

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	49 di 53

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

- W peso della striscia espresso in [kN]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0.56	0.00	2.27 - 0.17	67.802	27.453	0	0.0	
2	1.51	0.00	0.17	62.083	27.453	0	0.0	
3	2.18	0.00	0.17	56.342	27.453	0	0.0	
4	2.67	0.00	0.17	51.379	27.453	0	0.0	
5	3.02	0.00	0.17	46.913	27.453	0	0.0	
6	3.29	0.00	0.17	42.795	27.453	0	0.0	
7	3.47	0.00	0.17	38.937	27.453	0	0.0	
8	3.60	0.00	0.17	35.280	27.453	0	0.0	
9	3.66	0.00	0.17	31.782	27.453	0	0.0	
10	3.68	0.00	0.17	28.412	27.453	0	0.0	
11	3.66	0.00	0.17	25.147	27.453	0	0.0	
12	3.59	0.00	0.17	21.967	27.453	0	0.0	
13	3.49	0.00	0.17	18.857	27.453	0	0.0	
14	3.40	0.00	0.17	15.804	27.453	0	0.0	
15	3.55	0.00	0.17	12.797	27.453	0	0.0	
16	3.66	0.00	0.17	9.825	27.453	0	0.0	
17	3.75	0.00	0.17	6.879	27.453	0	0.0	
18	3.81	0.00	0.17	3.952	27.453	0	0.0	
19	3.35	0.00	0.17	1.035	27.453	0	0.0	
20	0.53	0.00	0.17	-1.879	27.453	0	0.0	
21	0.50	0.00	0.17	-4.798	27.453	0	0.0	
22	0.43	0.00	0.17	-7.730	27.453	0	0.0	
23	0.34	0.00	0.17	-10.682	27.453	0	0.0	
24	0.21	0.00	0.17	-13.663	27.453	0	0.0	
25	0.05	0.00	-2.07 - 0.17	-13.508	27.453	0	0.0	

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.  
 T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle  
 M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
 Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	50 di 53

*Paramento*

n°	X	N <sub>min</sub>	N <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.90	1.90	0.06	0.07	0.00	0.00
3	-0.20	3.80	3.80	0.23	0.24	0.02	0.02
4	-0.30	5.70	5.70	0.48	0.55	0.05	0.05
5	-0.40	7.60	7.60	0.84	0.97	0.12	0.13
6	-0.50	9.50	9.50	1.28	1.52	0.22	0.25
7	-0.60	11.40	11.40	1.83	2.18	0.38	0.44
8	-0.70	13.30	13.30	2.46	2.97	0.59	0.69
9	-0.80	15.20	15.20	3.20	3.87	0.87	1.03
10	-0.90	17.10	17.10	4.03	4.90	1.23	1.47
11	-1.00	19.00	19.00	4.95	6.05	1.68	2.02

Verifiche strutturali

*Paramento in pietrame*

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- As area sezione reagente espresso in [cmq]
- e eccentricità espresso in [cm]
- σ tensione espressa in [kPa]
- Rt resistenza ai carichi orizzontali espressa in [kN]
- Et Azione orizzontale espressa in [kN]
- FSsco fattore di sicurezza allo scorrimento (Rt/Et)
- Ms momento stabilizzante espresso in [kNm]
- Mr momento ribaltante espresso in [kNm]
- FSrib fattore di sicurezza a ribaltamento (Ms/Mr)

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0.00	10000	0.00	0	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	100.000
2	-0.10	10000	0.15	2	1.9000	0.0746	25.484	0.9500	0.0029	327.680
3	-0.20	10000	0.48	4	3.8000	0.2485	15.289	1.9000	0.0182	104.250
4	-0.30	10000	0.98	6	5.7000	0.5489	10.384	2.8500	0.0559	50.999
5	-0.40	10000	1.71	8	7.6000	0.9725	7.815	3.8000	0.1301	29.216
6	-0.50	10000	2.67	11	9.5000	1.5161	6.266	4.7500	0.2535	18.739
7	-0.60	10000	3.84	14	11.4000	2.1805	5.228	5.7000	0.4373	13.034
8	-0.70	10000	5.22	17	13.3000	2.9657	4.485	6.6500	0.6936	9.587
9	-0.80	10000	6.81	21	15.2000	3.8718	3.926	7.6000	1.0345	7.347
10	-0.90	10000	8.61	26	17.1000	4.8986	3.491	8.5500	1.4720	5.808



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	51 di 53

n°	Y	As	e	$\sigma$	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
11	-1.00	10000	10.62	31	11.1919	6.0462	1.851	9.5000	2.0182	4.707



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	52 di 53

### Computo metrico

### **Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)**

#### **Tipo di analisi svolta**

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/07/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**GEOTECNICA**

Relazione di calcolo sistema in gabbioni piazzale  
Stazione di Enna

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40 D29	RH	GE0005009	A	53 di 53