



**Regione Siciliana**  
Assessorato Infrastrutture e Mobilità  
Dipartimento Regionale Tecnico  
Ufficio del Genio Civile di  
**Agrigento**

Lavori di manutenzione straordinaria per il ripristino della sezione idraulica di un tratto di alveo del fiume Ipsas nel Comune di Grotte (AG)

**PROGETTO ESECUTIVO**



PROGETTISTA e DIRETTORE DEI LAVORI

Geom. Franco PITRUZZELLA

Geom. Salvatore FAILLA

COORDINATORE PER LA SICUREZZA

Arch. Carmelo SORCE



Progetto è stato approvato in linea tecnica ai sensi dell'art. 5 comma 3 della l.r. 12/2011 così come recepito dalla l.r. 8/2016 e validato ai sensi dell'art. 26 del D. Lgs. 50/2016.

Agrigento **18 GEN. 2022**

Il R. U. P.

Geom. Francesco MIRABELLI



Agrigento li 10.01.2022

Tavola n. 9 Calcoli statici



## **1. Descrizione generale dell'opera**

Il presente documento si riferisce al progetto definitivo relativo ai "Lavori di manutenzione straordinaria per il ripristino della sezione idraulica di un tratto di alveo del fiume Ipsas nel Comune di Grotte (AG)" ed in particolare alle opere di sostegno in Gabbioni.

Sono definiti muri di sostegno o altre strutture miste ad essi assimilabili:

- muri, per i quali la funzione di sostegno è affidata al peso proprio del muro e a quello del terreno direttamente agente su di esso (ad esempio muri a gravità, muri a mensola, muri a contrafforti);
- strutture miste, che esplicano la funzione di sostegno anche per effetto di trattamenti di miglioramento e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento (ad esempio, ture, terra rinforzata, muri cellulari).

Nel campo della geotecnica è definita come opera in terra rinforzata o pendio rinforzato, una struttura atta al contenimento o alla stabilizzazione di una scarpata costituita, essa stessa, da terreno e da elementi di rinforzo di forma e materiale opportuno, capaci di assorbire sforzi di trazione. Tali elementi vengono di solito disposti lungo piani di posa orizzontali durante il riempimento e la compattazione del rilevato di terreno strutturale, che avviene per strati successivi.

Così facendo, il regime di sollecitazioni che s'instaura nel rilevato strutturale con l'aumentare dei carichi, è tale da mobilitare la resistenza a trazione dei rinforzi in virtù della propria aderenza per attrito con il terreno.

Il terreno che costituisce il rilevato strutturale, invece, offrirà il suo contributo di resistenza alla compressione per effetto dei carichi verticali.

Nella progettazione di queste strutture è pertanto necessario individuare i meccanismi di rottura potenziali nel terreno al fine di valutare il contributo di stabilità offerto dalla presenza dei rinforzi.

I meccanismi di scivolamento schematizzati nel calcolo saranno in generale diversi secondo le caratteristiche dei rinforzi e soprattutto della geometria e della stratigrafia della scarpata.

## **2. Normativa di riferimento**

Nella redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente normativa:

1. Nuove Norme tecniche sulle Costruzioni Approvate con D.Min. 17/01/2018
2. Norme tecniche sulle Costruzioni Approvate con D.Min. 14/01/2008
3. Circolare al D.M. del 14/01/2008
4. Eurocodice 7 "Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali", aprile 1997.
5. Eurocodice 8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture", ottobre 1997.
6. Eurocodice 8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici", febbraio 1998.
7. UNI EN 14475 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata
8. UNI 10006 - Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre
9. ASTM D 3282 - Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
10. UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici



per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade

11. UNI EN 13285 - Miscele non legate - Specifiche

12. UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione

### **3. Materiali impiegati – sistema gabbioni**

#### **3.1 PIETrame**

Il pietrame da usarsi per il riempimento dei gabbioni potrà essere indifferentemente pietrame di cava o ciottoli purché abbia una struttura compatta, non friabile, resistente all'acqua, non gelivo e di alto peso specifico. Il materiale di riempimento dovrà avere forma omogenea d'opportuna pezzatura che in virtù della dimensione della maglia prevista (tipo 8x10) è di 100/200 mm. Potrà essere utilizzato materiale per un massimo del 5% in peso di pezzatura superiore od inferiore e dovrà essere utilizzato nella parte centrale dei gabbioni (evitando la facciata anteriore e posteriore). La pezzatura inferiore dovrà comunque avere diametro maggiore di 50mm e la pezzatura superiore dovrà comunque avere diametro inferiore a 250mm.

#### **3.2 GABBIONI**

I gabbioni dovranno essere in rete metallica a doppia torsione, marcati CE in accordo con la ETA 15/0219 e con il Regolamento 305/2011 (ex Direttiva Europea 89/106/CEE), conformi alle "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" (n.69/2013) e con la UNI EN 10223-3:2013. La rete metallica a doppia torsione dovrà essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10 tessuta con filo in acciaio trafilato avente un diametro pari 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), con un quantitativo non inferiore a 245 g/m<sup>2</sup> (classe A secondo la UNI EN 10244-2). Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale di 0.5 mm, portando il diametro esterno al valore nominale di 3.70 mm. La resistenza del polimero ai raggi UV sarà tale che a seguito di un'esposizione di 2500 ore a radiazioni UV (secondo ISO 4892-2 o ISO 4892-3) il carico di rottura e l'allungamento a rottura non variano in misura maggiore al 25%.

La resistenza a trazione della rete dovrà essere non inferiore a 50 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013).

La rete una volta sottoposta al 50% del carico massimo a rottura per trazione 25 kN/m, non dovrà presentare rotture del rivestimento plastico del filo all'interno delle torsioni.

Capacità di carico a punzonamento della rete dovrà essere non inferiore a 65 kN (test eseguiti in accordo alla UNI 11437).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in SO<sub>2</sub> (0,2 dm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> per 2 dm<sup>3</sup> acqua) tale per cui dopo 28 cicli la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 6988).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6000h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227).

Gli elementi saranno assemblati utilizzando sia per le cuciture sia per i tiranti un filo con le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete ed avente diametro pari a 2.20/3.20 mm e quantitativo di galvanizzazione sul filo non inferiore a 230 g/ m<sup>2</sup>



(classe A secondo la UNI EN 10244-2).; l'operazione sarà compiuta in modo da realizzare una struttura monolitica e continua. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi saranno galvanizzati con Galmac lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) classe A secondo la UNI EN 10244-2, con diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari 1700 MPa.

Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla D.L. la relativa Dichiarazione di Prestazione (DoP) rilasciata in originale, in cui specifica il nome del prodotto, la Ditta produttrice, le quantità fornite e la destinazione. La conformità dei prodotti dovrà essere certificata da un organismo notificato ai sensi della CPD 89/106 CEE o del CPR 305/2011, terzo ed indipendente, tramite certificato del controllo del processo di fabbrica CE.

Il Sistema Qualità della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 9001:2008 da un organismo terzo indipendente. Il Sistema di Gestione Ambientale della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 14001:2004 da un organismo terzo indipendente.

### **3.3. ASSEMBLAGGIO DEI GABBIONI**

L'operazione di assemblaggio dei gabbioni si compone delle seguenti fasi:

- 1) Aprire e piegare ogni elemento avendo cura di stendere il telo di rinforzo eliminando le linee di piegatura preformate in fase di produzione;
- 2) Rendere verticali i diaframmi intermedi (se presenti);
- 3) Piegare i pannelli laterali e legarli (con filo di legatura o con graffe in acciaio) lungo gli spigoli della scatola così formata.

Dopo le operazioni soprascritte, gli elementi metallici dovranno essere legati tra loro prima di procedere con le operazioni di riempimento, in modo tale da formare una struttura continua. Inoltre, per l'assemblaggio e la legatura degli elementi, è necessario essere provvisti di pinze e tenaglie e di una graffatrice.

La legatura meccanizzata è effettuata con l'uso di una graffatrice pneumatica (punti d'acciaio di diametro Ø 3.00 mm). In particolare, per una continuità strutturale, si consiglia un intervallo tra punto e punto massimo di 20 cm.

### **3.4. RIEMPIMENTO DEI GABBIONI**

Per il riempimento degli elementi metallici si dovrà adoperare materiale pulito, compatto, non friabile, resistente all'acqua, non gelivo e d'alto peso specifico conforme al precedente capitolo 6.1.

Inoltre, al fine di facilitare il riempimento, per il quale si consiglia l'uso di una pala meccanica, si può predisporre una cassaforma esterna (telaio guida) per il paramento. E', inoltre, necessario sistemare manualmente il pietrame in modo da ottenere un riempimento ottimale prestando attenzione a non coprire completamente i diaframmi intermedi. Legare, quindi, il coperchio ai pannelli laterali ed ai diaframmi come descritto precedentemente avendo cura di predisporre dei tiranti trasversali e/o inclinati di 45° posizionati mediamente a 1/3 ed a 2/3 dell'altezza nel caso d'elementi di 1 m d'altezza ed a metà dell'altezza nel caso d'elementi da 0,50 m.

### **3.5. RIVESTIMENTO GABBIONI**

Sia i gabbioni che i materassi Reno utilizzati nella suddetta opera hanno un rivestimento in Polimac, ovvero un polimero di ultima generazione.

Il rivestimento Polimac è caratterizzato, rispetto ai rivestimenti polimerici tradizionali, da:

- Eccellente resistenza all'abrasione;



- Maggiore resistenza alle basse temperature;
- Maggiore resistenza all'esposizione ai raggi UV;
- Maggiore durezza;
- Maggiore resistenza ai composti chimici.

### **Resistenza all'abrasione**

L'eccellente resistenza all'abrasione del rivestimento Polimac rappresenta la principale innovazione del prodotto rispetto ai rivestimenti polimerici tradizionali. Tale caratteristica, oltre a limitare i danni dovuti al trasporto e all'installazione dei prodotti, consente di ridurre notevolmente l'effetto abrasivo dovuto al trasporto solido, sia fine che grossolano, esercitato dalla corrente nei corsi d'acqua.

Tale resistenza è stata testata in una prova basata sulla norma EN 60229 (Questa prevede l'utilizzo di un pistone pneumatico al quale è collegata una punta di acciaio posta direttamente a contatto con il rivestimento polimerico di un campione di filo lungo 600mm. Il pistone muove la punta avanti e indietro, ad una velocità di 300 mm/s, comportandone uno sfregamento continuo contro la superficie del filo. Nel momento in cui il rivestimento polimerico risulta completamente abraso e la punta entra in contatto con l'anima in acciaio del filo la prova viene considerata conclusa) ed ha mostrato che il Polimac è 10 volte più resistente all'abrasione rispetto al classico PVC.

### **Resistenza alle basse temperature**

La prova finalizzata a misurare il mantenimento delle caratteristiche di duttilità del rivestimento alle basse temperature è stata svolta in accordo con le modalità specificate nella norma ASTM D 746 "Standard Test Method for Brittleness Temperature of Plastics and Elastomers by Impact".

La prova prevede la valutazione degli effetti a lungo termine indotti dall'esposizione in ambienti a bassa temperatura.

I test hanno mostrato che il Polimac mantiene le sue proprietà meccaniche fino a valori di temperatura 4 volte inferiori del tradizionale rivestimento in PVC.

### **Resistenza all'esposizione contro i raggi UV**

Le prove sono state eseguite in conformità con quanto stabilito dalle norme ISO 4892-3 "Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources (Fluorescent UV lamps)" e ISO 527-1 "Determination of Tensile Properties".

L'effetto della radiazione solare è stato simulato utilizzando un apparato di prova in grado di emettere radiazioni UV.

A seguito di un periodo di esposizione pari a 2500 ore si è misurata la resistenza a trazione e l'allungamento a rottura del materiale con il risultato che il Polimac presenta il 35% in più di resistenza a trazione e un allungamento a rottura 4 volte maggiore rispetto ai rivestimenti tradizionali in PVC.

## **4. Metodo di calcolo della spinta sul terrapieno**

La pressione esercitata da un terreno contro un muro è simile alla spinta idrostatica; infatti, essa aumenta in funzione della profondità  $h$  e può essere così espressa:

$$p = \gamma K h$$

dove  $\gamma$  è il peso dell'unità di volume del terreno,  $K$  è un coefficiente che dipende dall'angolo di attrito interno, dagli angoli di inclinazione del terrapieno e del paramento del muro, dall'angolo di attrito terra-muro e dal tipo di spinta che si vuole calcolare.

Esistono due modalità di calcolo della spinta:

- Spinta attiva: quando il muro subisce una rotazione, sia pure piccola, verso l'esterno (valle).
- Spinta passiva: quando il muro subisce una rotazione, sia pure piccola, premendo



contro il terrapieno (monte).

Tra le varie ipotesi che si utilizzano per il calcolo della spinta, si è utilizzata quella dovuta al Coulomb, opportunamente modificata ed ampliata per tener conto di tutte le eventualità che possono presentarsi:

- Attrito terra-muro.
- Paramento inclinato.
- Profilo del piano di campagna di forma generica.
- Carichi distribuiti/concentrati disposti in maniera arbitraria sul profilo.
- Stratigrafia costituita da un numero illimitato di strati o lenti, costituiti da terreni coerenti e/o incoerenti.
- Falda acquifera, eventualmente inclinata.

Il metodo di Coulomb presuppone una linea di rottura piana del terreno che parte dalla base del muro; la spinta è l'integrale delle pressioni agenti calcolate lungo la verticale del cuneo di spinta.

Vengono esaminate tutte le possibili superfici di scorrimento per individuare in automatico quella per la quale la spinta è massima.

Il calcolo della distribuzione delle pressioni lungo l'altezza del paramento del muro avviene col metodo delle strisce dovuto a Huntington, che consiste nel considerare tante ipotetiche linee di frattura lungo l'altezza parallele a quella della superficie di scorrimento. Costruito il diagramma delle pressioni sul muro è quindi possibile trovare la risultante ed il punto di applicazione della spinta.

Questo procedimento viene applicato:

- sul cuneo che parte dal vertice in basso a monte del paramento, ciò al fine di ottenere le azioni con cui si andranno a verificare le sezioni del paramento stesso.
- sul cuneo che parte dal vertice in basso della fondazione a monte, ciò al fine di ottenere le azioni massime necessarie per le verifiche allo scorrimento e al carico limite sulla fondazione stessa.

Nel caso di presenza di falda acquifera retrostante al muro e assenza di drenaggio, se ne tiene conto sia nel calcolo della spinta che nella verifica a carico limite della fondazione, considerando la sottospinta di galleggiamento.

Per quanto riguarda le azioni sismiche, per ognuna delle strisce prima menzionate e per ogni spinta ad esse afferente, viene calcolato il corrispondente incremento sismico valutando la massa della striscia e moltiplicandola per il coefficiente sismico orizzontale  $k_h$ .

## 5. Valutazione dell'azione sismica

Nel DM 17 gennaio 2018-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove:

$V_R$  = periodo di riferimento

$V_N$  = vita nominale

$C_U$  = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$ , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi

valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità. I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 1 – Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di VN (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico  $VN = 50$  anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.  $CU = 0.7$ ;
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.  $CU = 1.0$ ;
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.  $CU = 1.5$ ;
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.  $CU = 2.0$ ;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la classe d'uso II a cui è associato il coefficiente d'uso  $CU = 1$ .

Ricavati i valori di VN e CU, è possibile calcolare il periodo di riferimento VR, che qui vale:

$$VR = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$



Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento PVR (Tabella 2), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ( $n \geq 1$ ) di ag prefissata (ag = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza  $\lambda = 1/TR$  (TR = periodo di ritorno).

Tabella 2- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

Stato limite di esercizio: operatività	SL O	PVR = 81%
Stato limite di esercizio: danno	SL D	PVR = 63%



Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SL V	PVR = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SL C	PVR = 5%

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione:

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

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Tabella 3- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

Stato limite di esercizio: operatività	SL O	TR = 30
Stato limite di esercizio: danno	SL D	TR = 50
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SL V	TR = 475
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SL C	TR = 975

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (ag) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC08:

- ag = accelerazione orizzontale massima;
- Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

- ag, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1
- Fo e TC\* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

Per i muri di sostegno ed i pendii i coefficienti kh e kv (che dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare) sono così determinati:



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

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

Con:

- $\beta_m$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati di seguito. I valori del coefficiente  $\beta_m$  possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro
- $\beta_m = 0.38$  nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)
- $\beta_m = 0.47$  nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).
- $a_{max}$  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.

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

$S$  è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica  $S_S$  e di amplificazione topografica  $S_T$ .  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nel caso in esame sono stati inseriti come dati di input nel software che ha effettuato le analisi i coefficienti  $k_v=0.05$  e  $k_h=0.1$ , corrispondenti allo SLV per muri di sostegno.

## 6. Scenario di carico

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 17 gennaio 2018.

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte. Da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

### SLU di tipo geotecnico (GEO):

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa;
- stabilità globale;

### SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali;

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.



Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'$	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$s_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40

Tab. 6.5.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

VERIFICA	Coefficiente parziale $\gamma_R$ (R3)
Capacità portante della fondazione	1.4
Scorrimento	1.1
Ribaltamento	1.5
Resistenza del terreno a valle	1.4

Nelle verifiche di sicurezza per effetto delle azioni sismiche si controlla che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni nel rispetto della condizione [6.2.1], ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati nella tabella 7.11.III.

Tab. 7.11.III – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi (SLV) dei muri di sostegno.

VERIFICA	Coefficiente parziale $\gamma_R$
Capacità portante della fondazione	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

### 6.1. Stato Limite Ultimo e di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

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

Dove:



- $G_1$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
- $G_2$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;  $P$  rappresenta pretensione e precompressione;
- $Q$  rappresenta le azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo. Possono essere di lunga durata se agisce con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura o di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- $\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_P$  coefficienti parziali come definiti nella Tab. 6.2.I del DM 17 gennaio 2018;
- $\psi_{0i}$ : sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Tab. 6.2.I D.M 17/01/2018

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_Q$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base ( $Q_{k1}$  nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati tabulati di calcolo.

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum \psi_{2i} + Q_{ki}$$

dove:

- $E$ : rappresenta l'azione sismica per lo stato limiti e per la classe di importanza in esame;
- $G_1$ : rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- $G_2$ : rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $P$ : rappresenta la pretensione e/o la precompressione;
- $\psi_{2i}$ : rappresenta il coefficiente di combinazione delle azioni variabili  $Q_i$ ;
- $Q_{ki}$ : rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ .

## 7. Verifiche

Le verifiche del muro a gabbione si eseguono allo stesso modo di quelle previste per i muri a gravità con l'unica differenza che le verifiche vanno ripetute lungo l'altezza per ciascuno degli strati previsti. In altre parole, dati "n" strati di gabbioni, sono state eseguite



(n-1) verifiche, oltre alla verifica globale per il muro intero. Ciascun gruppo di verifiche deve essere eseguito considerando il generico strato di gabbioni e tutti quelli sovrastanti. Le verifiche suddette, ripetute per ogni strato, sono descritte nel dettaglio nei paragrafi successivi e comprendono, in particolare: verifiche a ribaltamento, verifiche a scorrimento, verifiche a carico limite.

### **7.1. Verifica a ribaltamento**

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

- Il Momento Ribaltante è dovuto alla componente orizzontale della spinta, all'incremento sismico di essa e ad eventuali carichi esterni che possono contribuire al ribaltamento.
- Il Momento Stabilizzante è dovuto al peso proprio del muro, del terreno su esso agente, ad eventuali carichi esterni che possono contribuire alla stabilità ed ai tiranti.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Momento Stabilizzante/Momento Ribaltante. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato, considerando il sistema come un corpo rigido.

Lo stato limite di ribaltamento è trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e utilizzando valori di  $\gamma_m$  incrementati del 50% rispetto a quelli indicati nel §7.11.6.2.1 e comunque non superiori all'unità.

### **7.2. Verifica a scorrimento**

Nella verifica a scorrimento sono state prese in considerazione tutte le forze agenti che innescano un meccanismo di traslazione lungo il piano di posa della fondazione per superamento dei limiti di attrito e coesione, tenendo conto dell'inclinazione del piano di posa e dell'eventuale presenza di speroni.

La Forza Agente è la spinta con i suoi incrementi sismici ed eventuali forze esterne che agiscono nello stesso verso.

La Forza Resistente è rappresentata dall'attrito e dalla coesione agente sulla fondazione, dalla presenza di tiranti e di pali, da particolari costruttivi quali gli speroni che servono ad aumentare la resistenza allo scorrimento oltre ad eventuali forze esterne che agiscono nello stesso verso.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Forza Resistente/Forza Agente. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R, dipendente dall'approccio e dalla combinazione considerata, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza a Scorrimento.

### **7.3. Verifica a carico limite**

È stato calcolato il carico limite secondo la metodologia dovuta al Terzaghi, considerando la profondità d'interramento della fondazione, la stratigrafia degli strati sotto la fondazione, l'eventuale presenza della falda idrica, l'inclinazione del piano di posa della fondazione, l'inclinazione e l'eccentricità dei carichi esterni.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Carico Limite / Carichi Agenti. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R, dipendente dall'approccio e dalla combinazione considerata, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza a Carico Limite.



## 8. Tabulati di calcolo

Per quanto non espressamente sopra riportato, ed in particolar modo per ciò che concerne i dati numerici di calcolo, si rimanda all'allegato "Tabulati di calcolo" costituente parte integrante della presente relazione. Le verifiche, ai sensi delle NTC 2018 (statica, sismica positiva e sismica negativa), sono state realizzate mediante il software Macstars/W prodotto e validato dall'azienda Officine Maccaferri Italia.

### 1. Statica

- 1.1. Scorrimento, ribaltamento e capacità portante fila di fondo muro in gabbioni;

### 2. Sismica positiva

- 2.1. Scorrimento, ribaltamento e capacità portante fila di fondo muro in gabbioni;

### 3. Sismica negativa

- 3.1. Scorrimento, ribaltamento e capacità portante fila di fondo muro in gabbioni;



## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

### Terreno: AM

Descrizione: Argille marnose

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 22.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 23.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

### Terreno: RG

Descrizione: materiale riempimento gabbioni

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 40.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 18.50

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 18.50

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

### Terreno: RT

Descrizione: Riempimento a tergo

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 20.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

## PROFILI STRATIGRAFICI

### Strato: CD

Descrizione: Coltre detritica

Terreno : AM

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	7.00	3.61	6.50	8.00	4.80	9.70	3.80

11.15      0.30      13.65      0.30      17.40      0.30

## MURI IN GABBIONI

### Muro: GABBIONI

Coordinate Origine [m]: Ascissa = 13.35      Ordinata = 0.00

Rotazione muro [°] = 0.00

Materiale riempimento gabbioni: RG

Terreno di riempimento a tergo: RT

Terreno di copertura: AM

Terreno di fondazione: AM

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m³]
1	2.00	1.00	0.00	72.59
2	1.50	1.00	0.50	72.59
3	1.00	1.00	1.00	72.59

Gabbioni senza diaframmi

Maglia 8x10

Diametro filo 2,7 [mm]

Classe Pu

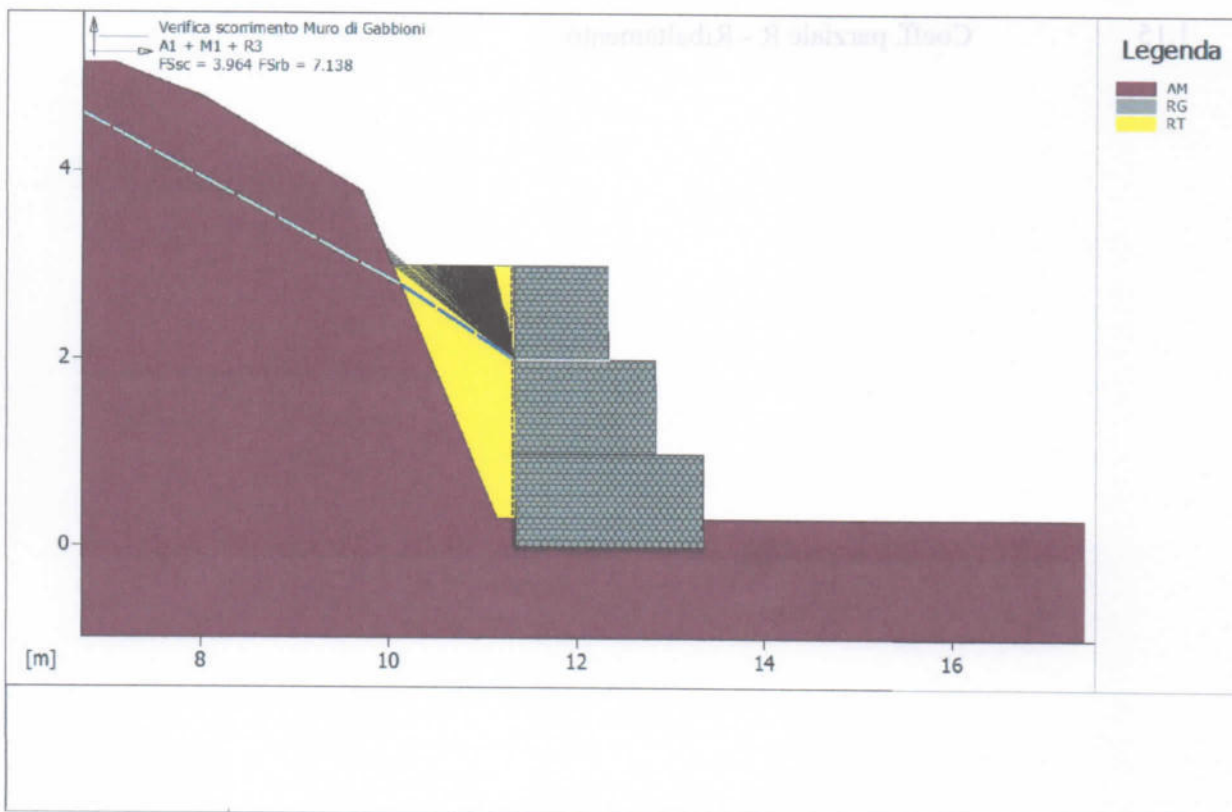
: Pu

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione [m] : 0.00

Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

### VERIFICHE





### Verifica di resistenza interna:

Combinazione di carico: A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco: GABBIONI

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 16.61

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 3.81

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.964

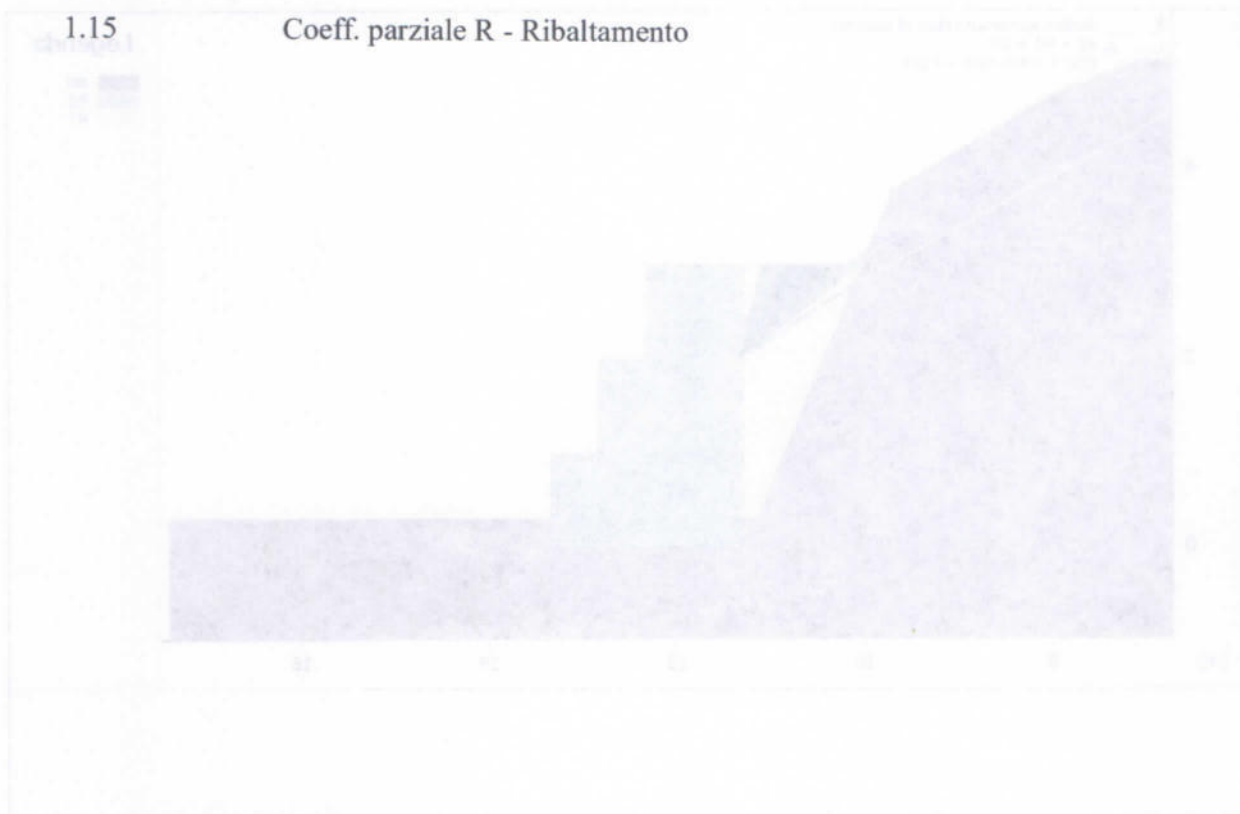
Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 11.00

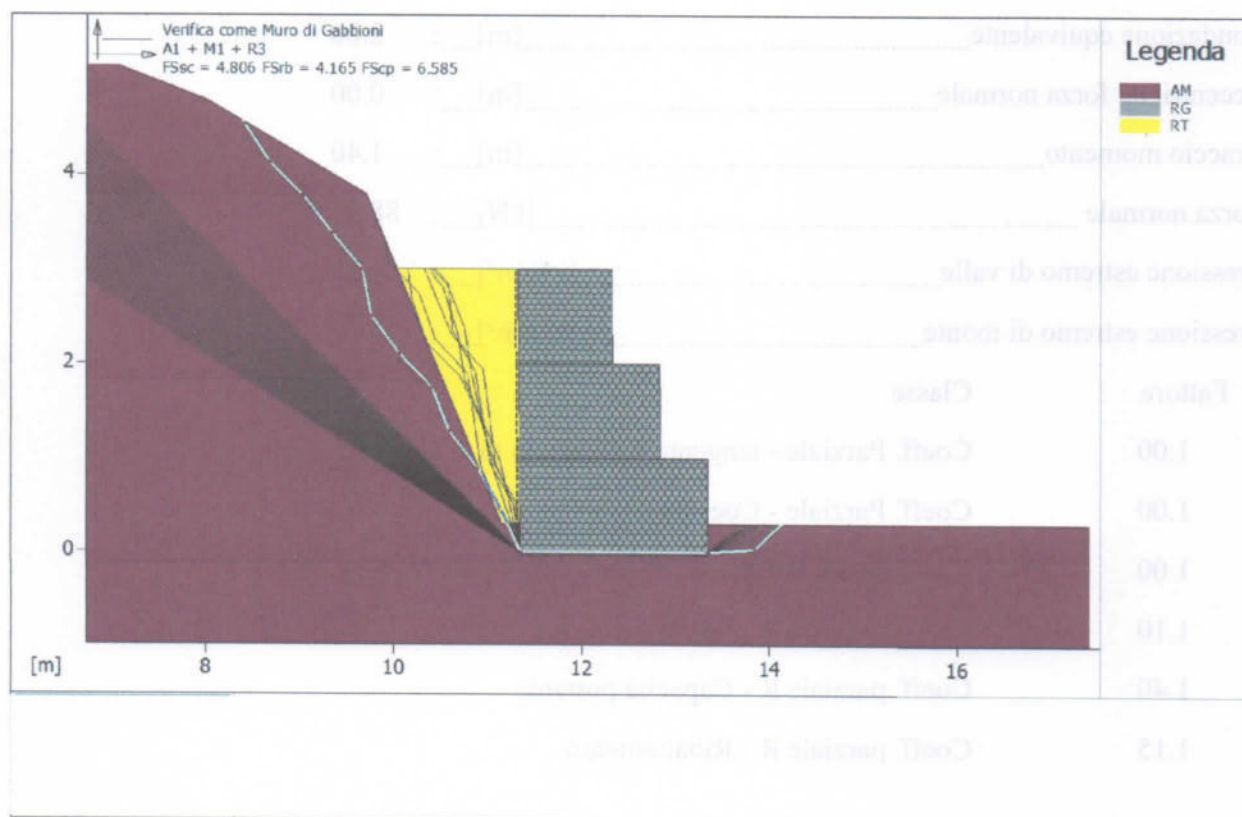
Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 1.34

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 7.138

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento





### Verifica come muro di sostegno:

Combinazione di carico: A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco: GABBIONI

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 88.17

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 16.68

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 4.806

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 112.01

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 23.39

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 4.165

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 410.73

Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 44.55

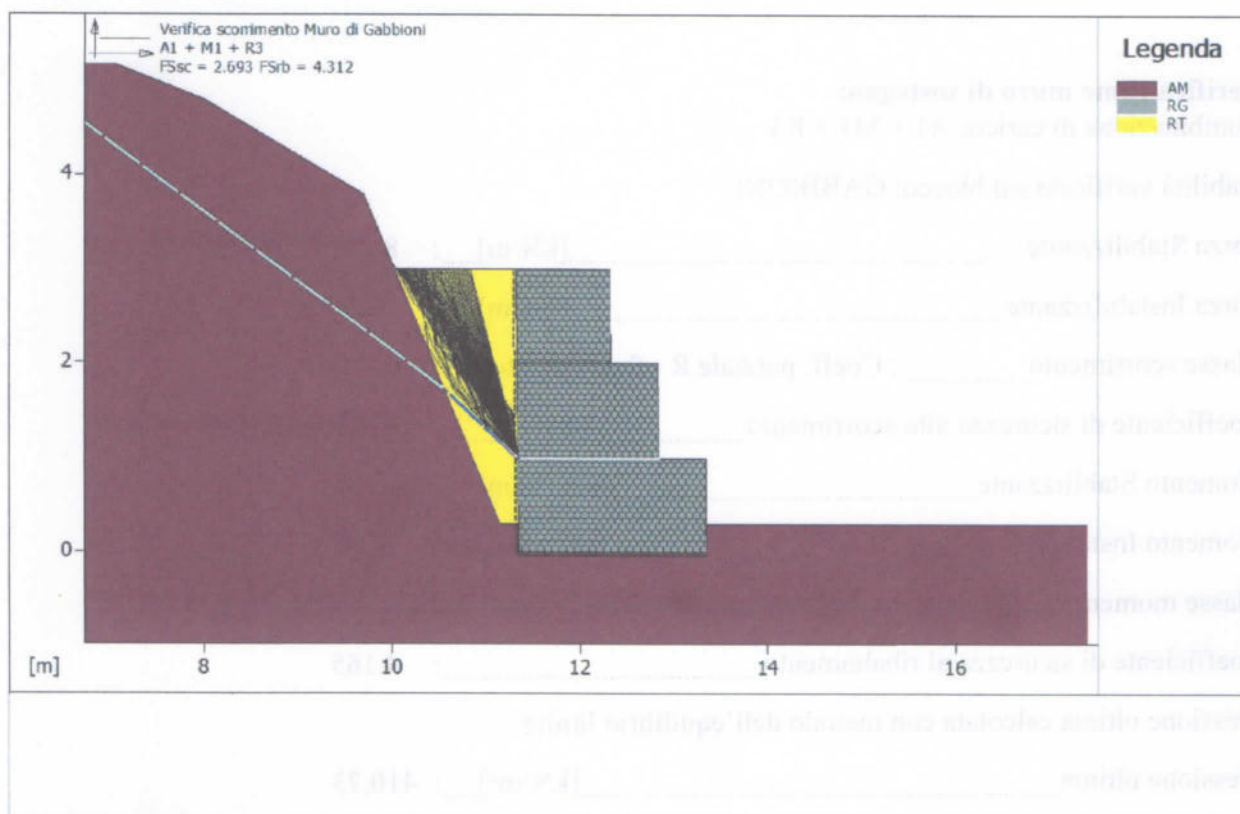
Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 6.585



Fondazione equivalente .....[m].....: 2.00  
 Eccentricità forza normale .....[m].....: 0.00  
 Braccio momento .....[m].....: 1.40  
 Forza normale .....[kN].....: 88.53  
 Pressione estremo di valle .....[kN/m<sup>2</sup>].....: 44.27  
 Pressione estremo di monte .....[kN/m<sup>2</sup>].....: 44.27

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento



#### Verifica di resistenza interna:

Combinazione di carico: A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco: GABBIONI

Forza Stabilizzante.....[kN/m] : 42.92

Forza Instabilizzante.....[kN/m] : 14.49

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.693

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m] : 47.70

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m] : 9.62

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 4.312

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento

## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

**Terreno: AM**                      Descrizione: Argille marnose

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>] : 22.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°] : 23.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>] : 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>] : 19.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>] : 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno: RG**                      Descrizione: materiale riempimento gabbioni

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>] : 0.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio



Angolo d'attrito.....[°].....: 40.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 18.50

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 18.50

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno: RT** Descrizione: Riempimento a tergo

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 20.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

## PROFILI STRATIGRAFICI

**Strato: CD** Descrizione: Coltre detritica

Terreno : AM

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	7.00	3.61	6.50	8.00	4.80	9.70	3.80
11.15	0.30	13.65	0.30	17.40	0.30		

## MURI IN GABBIONI

**Muro: GABBIONI**

Coordinate Origine [m]: Ascissa = 13.35 Ordinata = 0.00

Rotazione muro [°] = 0.00

Materiale riempimento gabbioni: RG

Terreno di riempimento a tergo: RT

Terreno di copertura: AM

Terreno di fondazione: AM

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m <sup>3</sup> ]
1	2.00	1.00	0.00	72.59
2	1.50	1.00	0.50	72.59
3	1.00	1.00	1.00	72.59

Gabbioni senza diaframmi

Maglia 8x10

Diametro filo 2,7 [mm]

Classe Pu

: Pu

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione [m] : 0.00

Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

## CARICHI

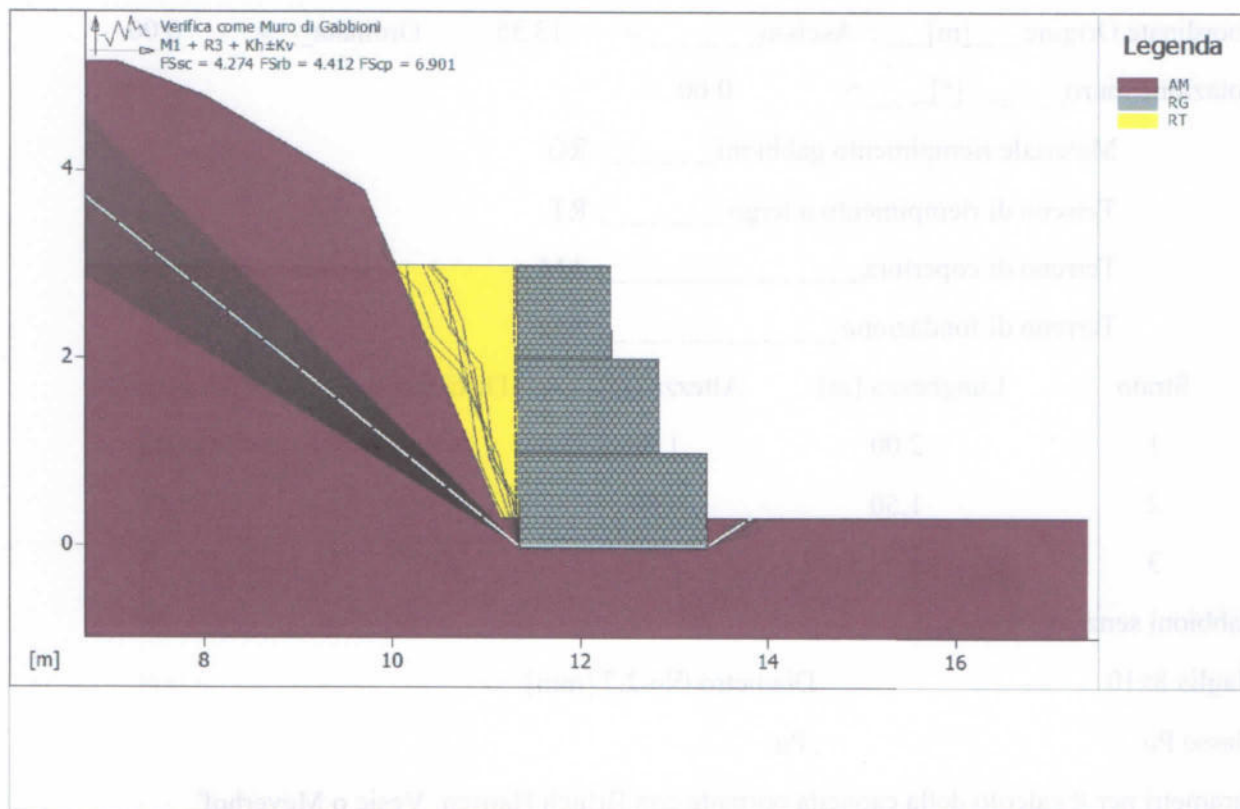
**Sisma:**

Classe: Sisma

Accelerazione [m/s<sup>2</sup>]: Orizzontale = 0.39 Verticale = 0.20

## VERIFICHE





### Verifica come muro di sostegno:

Combinazione di carico: M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco: GABBIONI

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 87.51

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 20.48

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 4.274

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 102.52

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 23.24

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 4.412

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 367.31

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 44.35

Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 6.901

Fondazione equivalente .....[m] : 1.99

Eccentricità forza normale .....[m] : 0.01

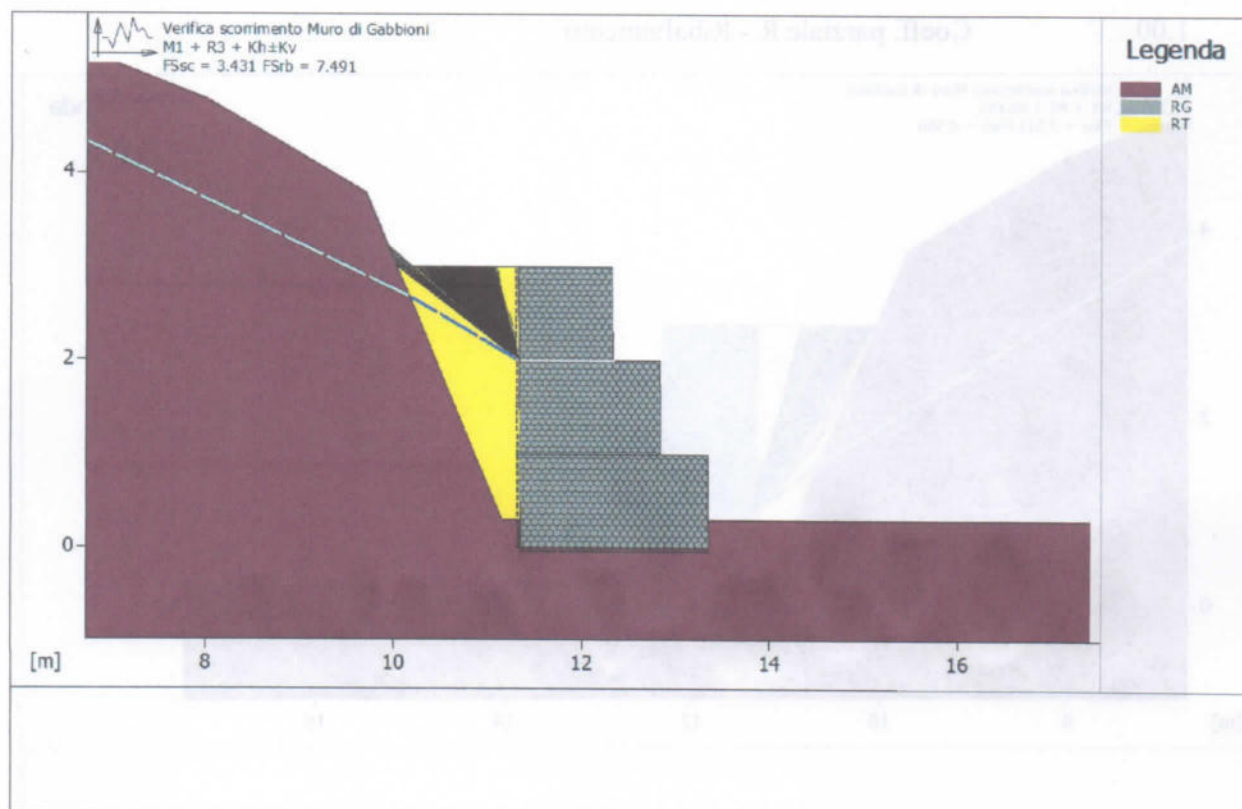
Braccio momento .....[m] : 1.13

Forza normale .....[kN] : 87.07

Pressione estremo di valle .....[kN/m<sup>2</sup>] : 44.32

Pressione estremo di monte .....[kN/m<sup>2</sup>] : 42.74

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



#### Verifica di resistenza interna:

Combinazione di carico: M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco: GABBIONI



Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 16.37

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 4.77

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.431

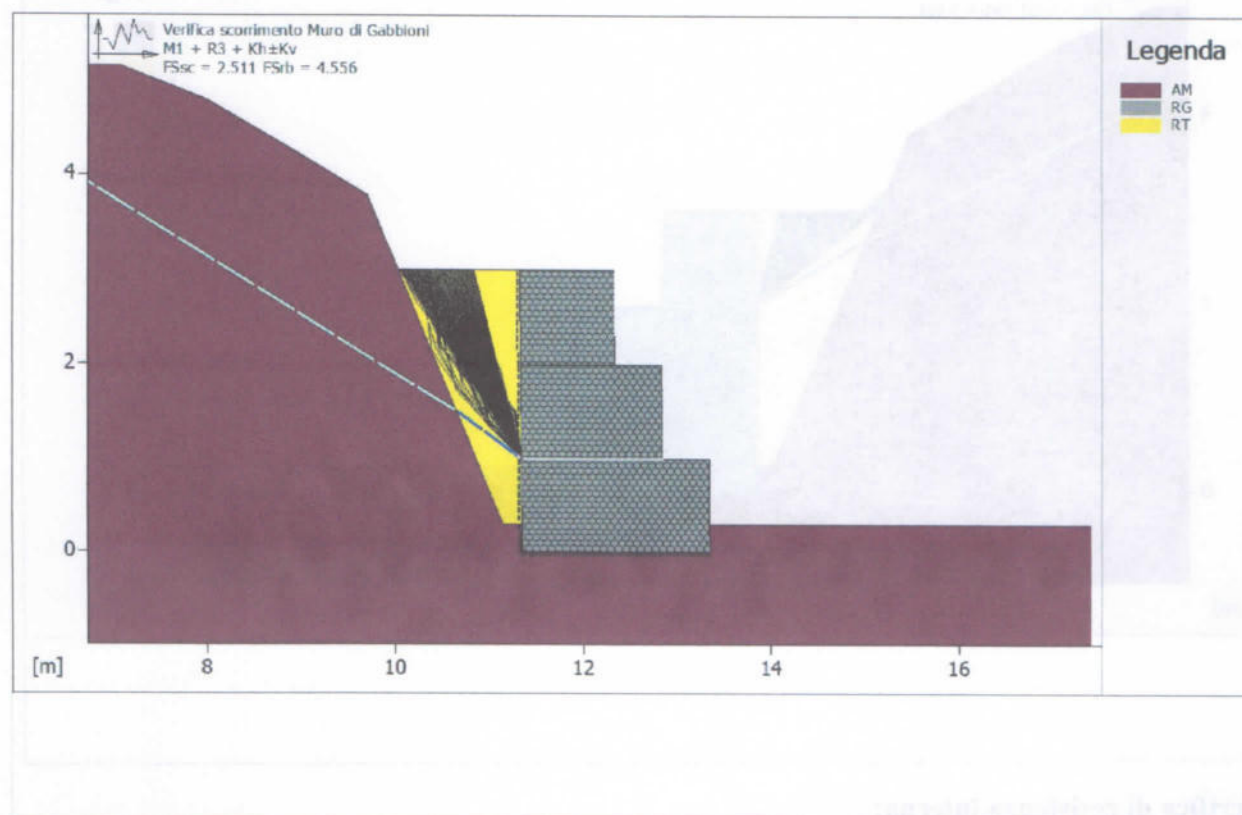
Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 10.62

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 1.42

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 7.491

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



#### Verifica di resistenza interna:

Combinazione di carico: M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco: GABBIONI

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 42.31

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 16.85

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.511

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 45.55

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 10.00

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 4.556

Fattore	Classe
---------	--------

1.00	Sisma
------	-------

1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
------	---

1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
------	-------------------------------------

1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
------	--

1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
------	---------------------------------

1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento
------	----------------------------------

## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

**Terreno: AM**                      Descrizione: Argille marnose

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 22.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 23.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno: RG**                      Descrizione: materiale riempimento gabbioni

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace



Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 40.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 18.50

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 18.50

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno: RT**                      Descrizione: Riempimento a tergo

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 20.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

## PROFILI STRATIGRAFICI

**Strato: CD**                      Descrizione: Coltre detritica

Terreno : AM

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	7.00	3.61	6.50	8.00	4.80	9.70	3.80
11.15	0.30	13.65	0.30	17.40	0.30		

## MURI IN GABBIONI

**Muro: GABBIONI**

Coordinate Origine [m]: Ascissa = 13.35 Ordinata = 0.00

Rotazione muro [°] = 0.00

Materiale riempimento gabbioni: RG

Terreno di riempimento a tergo: RT

Terreno di copertura: AM

Terreno di fondazione: AM

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m <sup>3</sup> ]
1	2.00	1.00	0.00	72.59
2	1.50	1.00	0.50	72.59
3	1.00	1.00	1.00	72.59

Gabbioni senza diaframmi

Maglia 8x10

Diametro filo 2,7 [mm]

Classe Pu

: Pu

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione [m] : 0.00

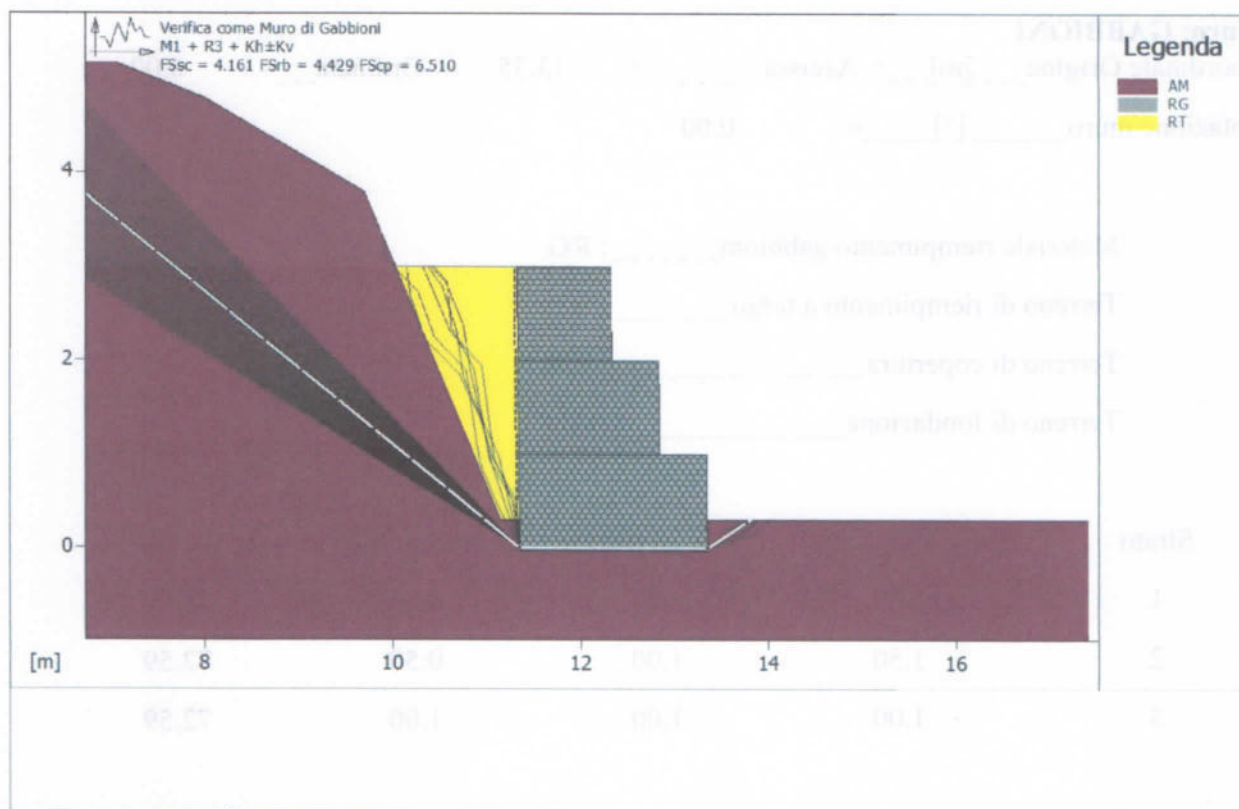
Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

**CARICHI****Sisma:**

Classe: Sisma

Accelerazione [m/s<sup>2</sup>]: Orizzontale = 0.39 Verticale = -0.20**VERIFICHE**





### Verifica come muro di sostegno:

Combinazione di carico:  $M1 + R3 + Kh \pm Kv$

Stabilità verificata sul blocco: GABBIONI

Forza Stabilizzante .....[kN/m].....: 89.08

Forza Instabilizzante .....[kN/m].....: 21.41

Classe scorrimento .....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento .....: 4.161

Momento Stabilizzante .....[kN\*m/m].....: 107.05

Momento Instabilizzante .....[kN\*m/m].....: 24.17

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento .....: 4.429

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima .....[kN/m<sup>2</sup>].....: 360.09

Pressione media agente .....[kN/m<sup>2</sup>].....: 46.09

Classe pressione .....: Coeff. parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante .....: 6.510

Fondazione equivalente .....[m] : 1.99

Eccentricità forza normale .....[m] : 0.00

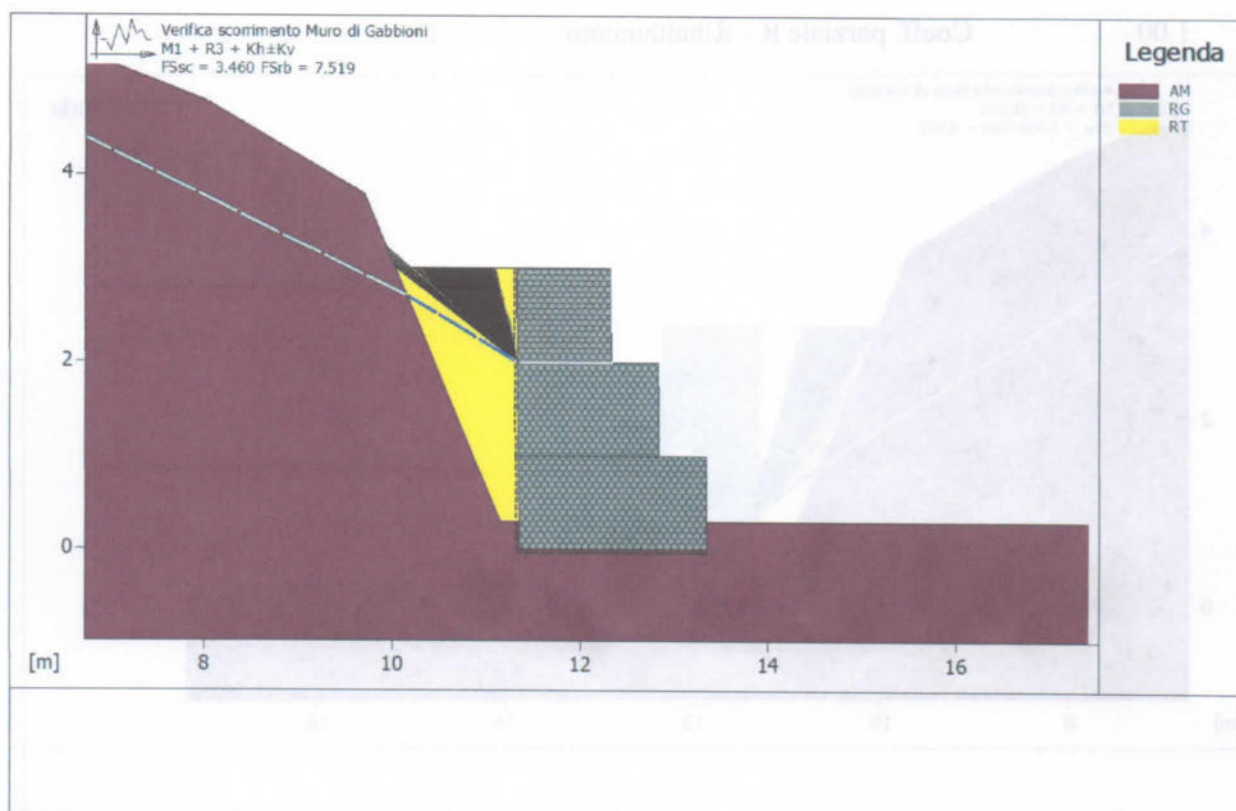
Braccio momento .....[m] : 1.13

Forza normale .....[kN] : 90.71

Pressione estremo di valle .....[kN/m<sup>2</sup>] : 45.75

Pressione estremo di monte .....[kN/m<sup>2</sup>] : 44.95

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



#### Verifica di resistenza interna:

Combinazione di carico: M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco: GABBIONI



Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 17.03

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 4.92

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.460

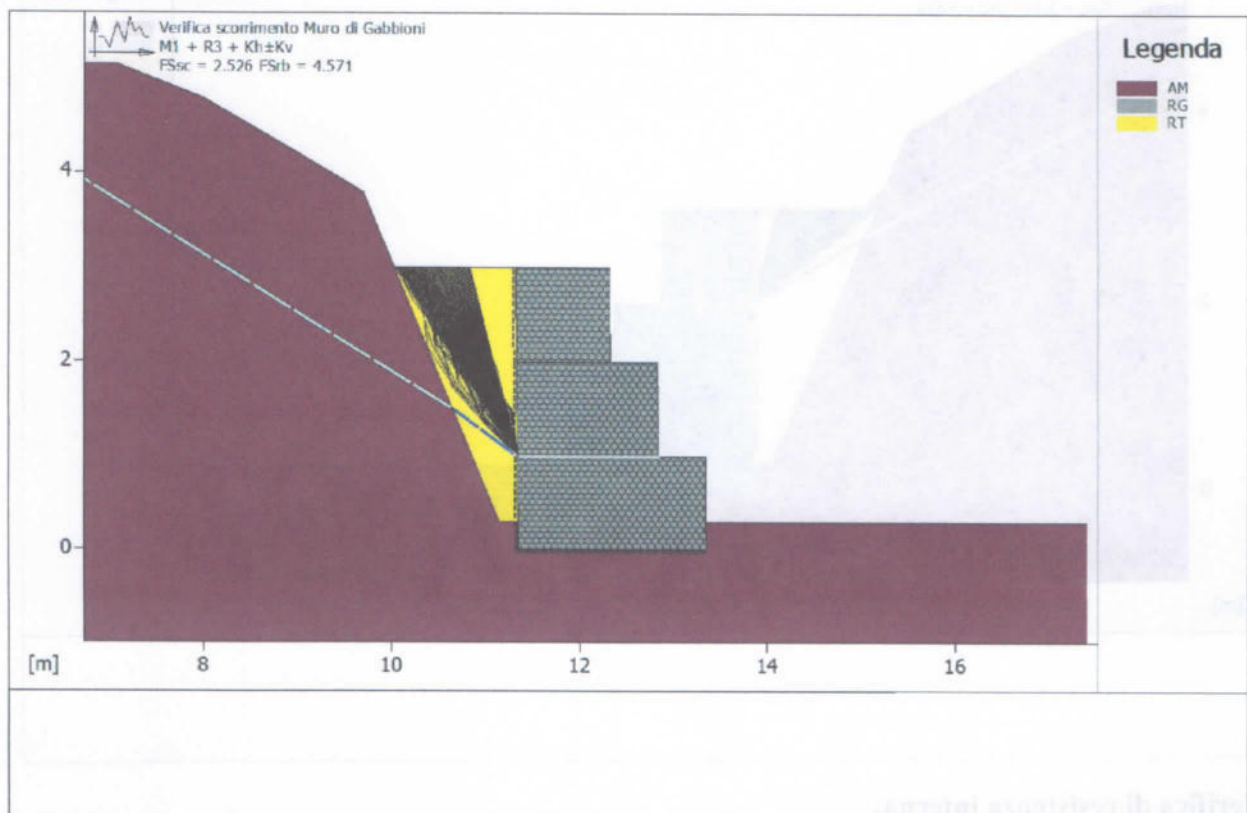
Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 11.07

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 1.47

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 7.519

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



#### Verifica di resistenza interna:

Combinazione di carico: M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco: GABBIONI

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 44.03

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 17.43

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.526

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 47.46

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 10.38

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 4.571

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



