

**Proposta Tecnica di Fornitura**  
**di elementi in terra rinforzata**  
**tipo Terramesh System e**  
**geogriglia ad alta resistenza Paragrid**

---

# 1 SOMMARIO

---

1	SOMMARIO .....	2
2	PREMESSA.....	3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
4	ESCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI .....	4
5	OPERE OGGETTO DELLA RELAZIONE .....	5
6	MATERIALI IMPIEGATI – SISTEMA TERRAMESH SYSTEM E PARAGRID.....	5
	6.1 Elementi di rinforzo - Terramesh System .....	5
	6.2 Pietrame .....	6
	6.3 Elementi di rinforzo - Paragrid .....	6
	6.4 Requisiti richiesti per il rilevato strutturale.....	7
7	ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE .....	7
	7.1 Posa degli elementi di rinforzo .....	7
	7.2 Compattazione .....	8
	7.3 Condizioni climatiche .....	9
	7.4 Eventuali rilevati di prova.....	9
	7.5 Prove di controllo.....	9
8	CONDIZIONI DI CARICO VERIFICATE.....	10
9	COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI .....	11
10	IPOTESI DI CALCOLO .....	12
11	METODO DI CALCOLO.....	13
12	SEZIONI OGGETTO DI VERIFICA.....	15
13	ESITO DELLE VERIFICHE .....	16
	13.1 Coefficienti di sovradimensionamento – Valori minimi ottenuti .....	16
	13.2 Esclusioni .....	16
14	ALLEGATI A PARTE.....	17

---

## 2 PREMESSA

---

Il presente documento è stato predisposto in base ai dati forniti dal cliente ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta di fornitura.

Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico. Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri; pertanto, Officine Maccaferri non è responsabile in caso di uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.

Il presente documento si riferisce al progetto definitivo relativo alle opere di sostegno in terra rinforzata a paramento in pietrame realizzate con il sistema Terramesh System e rinforzo in geogriglia ad alta resistenza Paragrid.

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, tute, 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.

Il dimensionamento di una struttura in terra rinforzata implica pertanto la scelta corretta della lunghezza e della spaziatura verticale dei rinforzi necessarie a garantire la stabilità, noti che siano i parametri geotecnici del rilevato strutturale (angolo d'attrito, peso specifico) e le caratteristiche meccaniche dei rinforzi (carico rottura, coeff. aderenza terreno).

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.

---

### 3 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
1. 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
2. UNI EN 13285 - Miscele non legate - Specifiche
3. UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione

### 4 ESCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

---

Di seguito sono elencate le attività escluse da Officine Maccaferri e quindi non riportate nel presente documento:

1. Analisi, studio e caratterizzazione geotecnica, geomeccanica ed idrogeologica del sito di intervento;
2. Verifiche di stabilità globali dell'area vasta di intervento;
3. Analisi di rischio sismico;
4. Analisi di rischio geotecnico (liquefazione, ecc...);
5. Verifiche del reale stato geotecnico, geomorfologico, geomeccanico ed idrogeologico del sito di intervento;
6. Indagini in sito;
7. Test di laboratorio sui materiali sia naturali (terreni in sito) che di riporto (terreni strutturali e di riempimento)
8. Valutazione e calcolo dei cedimenti;
9. Progetto globale di drenaggio ed allentamento delle acque sotterranee e di superficie.

---

## 5 OPERE OGGETTO DELLA RELAZIONE

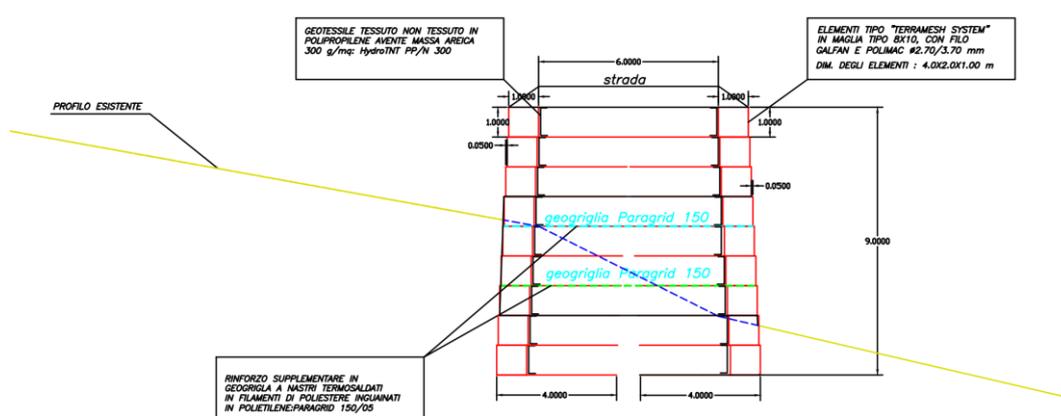
---

La presente relazione riguarda il dimensionamento per la realizzazione di strutture di sostegno nell'ambito del progetto definitivo relativo alle opere di sostegno in terra rinforzata a paramento in pietrame realizzate con il sistema Terramesh System e rinforzo in geogriglia ad alta resistenza Paragrid.

Più in dettaglio, oggetto della relazione sono le seguenti opere:

- **Struttura 1** – Rilevato in terra rinforzata con facciavista in gabbioni tipo Terramesh System con supporto di geogriglie ad alta resistenza Paragrid;

### SEZ. TIPO



---

## 6 MATERIALI IMPIEGATI – SISTEMA TERRAMESH SYSTEM E PARAGRID

---

### 6.1 ELEMENTI DI RINFORZO - TERRAMESH SYSTEM

La struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento in pietrame è realizzata in elementi marcati CE in accordo con la ETA 16/0767 per gli specifici impieghi come "sistemi in rete metallica per il rinforzo del terreno per opere di sostegno". La struttura è costituita da elementi di armatura planari orizzontali, larghi 3.0 m, in rete metallica a doppia torsione, realizzati in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione "approvate dal Consiglio Superiore LL.PP. (n.69/2013), ed in accordo con la UNI EN 10223-3:2013.

La rete metallica a doppia torsione deve essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI-EN 10223-3), tessuta con filo in acciaio trafilato, avente un diametro pari 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme all'EN 10244-2 (Classe A) con un quantitativo non inferiore a 245 g/mq. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale di 0.50 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 pari a 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 e alla ISO 17746).

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).

Il paramento, costituito da un elemento scatolare di sezione 1.00 m x 1.00 m, sarà realizzato risvoltando frontalmente la rete metallica a doppia torsione e collegandola posteriormente con un pannello posteriore di chiusura, solidale con l'elemento di rinforzo orizzontale; in tal modo l'elemento sarà realizzato conferendo continuità, senza legature, tra paramento esterno ed armature di rinforzo. Gli elementi di rinforzo contigui saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati 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 a 1700 MPa.

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.

Le lunghezze dei rinforzi sono riportate negli elaborati grafici di dettaglio e nei tabulati di dimensionamento allegati.

## 6.2 PIETRAME

Il pietrame da usarsi per il riempimento della facciata del Terramesh System 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 dovrà comunque avere diametro compreso fra 50mm e 250mm.

## 6.3 ELEMENTI DI RINFORZO - PARAGRIG

I rinforzi previsti per la realizzazione dei muri in terra rinforzata sono costituiti da geogriglie del tipo "Paragrid".

Queste geogriglie sono costituite da due ordini di nastri tra loro saldati ortogonalmente così da ottenere una struttura di rinforzo a "griglia". I singoli nastri sono costituiti da filamenti di poliestere ad alta tenacità allineati ed incapsulati in una guaina protettiva di rivestimento di polietilene (LDPE).

Le caratteristiche meccaniche delle geogriglie previste in progetto sono riportate nella tabella di seguito:

PARAGRIGRID	150/05
resistenza a trazione longitudinale (kN/m)	150
resistenza a trazione trasversale (kN/m)	6
allungamento a rottura nelle due direzioni (v.medio)	≤9%

#### 6.4 REQUISITI RICHIESTI PER IL RILEVATO STRUTTURALE

Il terreno di riempimento che costituisce il rilevato strutturale dell'opera, potrà provenire sia da scavi precedentemente eseguiti sia da cave di prestito e facendo riferimento alle classificazioni ASTM D 3282 o UNI 10006 dovrà appartenere ai A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 con esclusione di pezzature superiori a 150mm.

Il materiale con dimensioni superiori a 100 mm è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale. In ogni caso dovranno essere esclusi i materiali che, da prove opportune, presentino parametri geomeccanici (angoli d'attrito e coesione) minori di quelli previsti in progetto.

Il peso di volume del terreno di riempimento, in opera compattato, dovrà essere superiore a 18-19 kN/m<sup>3</sup>.

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio.

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- prova di compattazione AASHTO.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa degli elementi di rinforzo, in relazione alle caratteristiche dei terreni utilizzati.

## 7 ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE

### 7.1 POSA DEGLI ELEMENTI DI RINFORZO

Il piano di posa dovrà essere predisposto fino a raggiungere la quota d'imposta del primo elemento di Terramesh da eseguire, secondo le indicazioni riportate negli elaborati di progetto.

Si dovrà provvedere innanzitutto al taglio delle piante e alla estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti ecc, il terreno dovrà quindi essere adeguatamente rullato e compattato fino ad ottenere le caratteristiche previste nel capitolato.

Il piano di fondazione dovrà essere regolare ed idoneo per la posa e compattazione del primo strato di riporto con ottenimento dei requisiti richiesti.

---

Non si dovrà operare in presenza di ristagni d'acqua o con terreni rammolliti, né in presenza di elevato contenuto organico (nell'eventualità questi dovranno essere bonificati, per completa sostituzione).

Nel caso in cui il piano di posa si trovi localmente depresso, in condizioni favorevoli ai ristagni d'acqua, si dovranno eseguire delle canalette di scolo laterale in pendenza con adeguato recapito.

Prima di eseguire il primo riporto occorre eseguire almeno 2-3 passate con un rullo liscio.

Il materiale proveniente dallo scavo di preparazione del piano di posa dei rilevati e dallo scavo di sbancamento per bonifica potrà essere reimpiegato, se ritenuto idoneo, nella sistemazione a verde delle scarpate.

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà provvedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (tra 1% e 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

### TMS (Terramesh System)

Gli elementi di Terramesh dovranno essere posti in opera per strati costante, secondo le modalità di seguito riportate.

1. Apertura e predisposizione dell'elemento Terramesh avendo cura di stendere il telo di rinforzo eliminando le linee di piegatura preformate in fase di produzione e mettere in posizione gli elementi;
2. Messa in scatola della facciata per l'assemblaggio e la legatura degli elementi, è necessario essere provvisti di pinze e tenaglie e di una graffatrice tipo pneumatico, con alimentazione ad aria compressa (6-8 bar). In generale, per le operazioni di legatura per una continuità strutturale, si consiglia un intervallo tra punto e punto massimo di 20 cm;
3. Riempimento con pietrame della facciata;
4. Riempimento degli elementi di rinforzo in rete con materiale idoneo, fino a formare uno strato di spessore di 250 mm;
5. Compattazione del materiale posto in opera mediante rullatura, secondo le indicazioni successivamente riportate;
6. Ripetizione delle azioni 3, 4 e 5 fino a completamento dell'elemento Terramesh;
7. Risagomatura del piano di posa per l'esecuzione dell'elemento Terramesh successivo.

## 7.2 COMPATTAZIONE

Le operazioni di compattazione, il tipo, le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) devono essere tali da garantire la prevista densità finale del materiale.

In ogni modo, deve ritenersi esclusa la possibilità di compattazione con pale meccaniche. Nel caso in cui lo sviluppo planimetrico dei manufatti sia modesto e gli spazi di lavoro disponibili siano esigui, si useranno mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano. Ogni strato sarà

---

messo in opera con un grado di compattazione pari al 95% del valore fornito dalle prove Proctor (ASTM D 1557).

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme. A tale scopo, i mezzi dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari al 10% del mezzo costipante. La compattazione a tergo delle opere eseguite dovrà essere tale da escludere una riduzione dell'addensamento e nello stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare, si dovrà fare in modo che i compattatori a rullo operino ad una distanza non inferiore a 0.50 m dal paramento esterno, e procedere quindi ad una successiva compattazione con "rana compattatrice" o piastra vibrante della porzione di terreno posta ad una distanza inferiore a 0.50 m dal paramento.

Questo procedimento consente di non generare deformazioni locali indotte dal passaggio o urto meccanico dei mezzi contro i componenti del sistema. Durante la costruzione, nel caso di danni causati dalle attività di cantiere o dovuti ad eventi meteorologici si dovrà provvedere al ripristino delle condizioni iniziali.

### 7.3 CONDIZIONI CLIMATICHE

La costruzione dei rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, tranne per quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es. ghiaia). Nella esecuzione di rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei rulli gommati che permettano la chiusura della superficie dell'ultimo strato in caso di pioggia.

### 7.4 EVENTUALI RILEVATI DI PROVA

Quando prescritto dalla Direzione Lavori, l'Impresa procederà alla esecuzione dei rilevati di prova.

In particolare, si potrà fare ricorso ai rilevati di prova per verificare l'idoneità di materiali diversi da quelli specificati nei precedenti capitoli.

Il rilevato di prova consentirà di individuare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali messi in opera, le caratteristiche dei mezzi di compattazione (tipo, peso, energie vibranti) e le modalità esecutive più idonee (numero di passate, velocità del rullo, spessore degli strati, ecc.), le procedure di lavoro e di controllo cui attenersi nel corso della formazione dei rilevati.

### 7.5 PROVE DI CONTROLLO

Prima che venga messo in opera uno strato di terreno nel rilevato rinforzato, quello precedente dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

La frequenza delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come indicativa e potrà essere diminuita o aumentata, secondo quanto prescritto dalla Direzione Lavori in considerazione della maggiore o minore omogeneità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Impresa dovrà eseguire le prove di controllo nei punti indicati dalla Direzione Lavori ed in contraddittorio con la stessa.

L'Impresa potrà eseguire le prove di controllo o in proprio o tramite un laboratorio esterno comunque approvato dalla Direzione Lavori.

La serie di prove sui primi 5000 mc. potrà essere effettuata una sola volta a condizione che i materiali mantengano caratteristiche omogenee e siano costanti le modalità di compattazione.

In caso contrario la Direzione Lavori potrà prescrivere la ripetizione della serie.

Le prove successive devono intendersi riferite a quantitativi appartenenti allo stesso strato di rilevato.

Tipo di Prova	PRIMI 5000 m <sup>3</sup> Ripetere la prova ogni (m <sup>3</sup> )	SUCCESSIVI m <sup>3</sup>
Classif. CNR - UNI 10006	2000	5000
Costipazione AASHTO Mod. CNR	2000	5000
Densità in sito CNR 22	250	1000
Carico su piastra CNR 9 - 70317	1000	5000
Controllo umidità	*	*

\* Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali ed alle caratteristiche di omogeneità dei materiali costituenti il rilevato

## 8 CONDIZIONI DI CARICO VERIFICATE

Il dimensionamento della struttura è stato condotto sulla base dei dati forniti dal cliente secondo gli Stati Limite Ultimi (SLU - SLV) sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche.

In accordo con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 - capitolo 6 – sono stati applicati coefficienti parziali ai carichi, ai parametri geotecnici ed alle resistenze (come definiti nel capitolo successivo).

Per quanto riguarda la stabilità globale si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: A2+M2+R2 (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (**GEO**) cioè per le Verifiche Esterne a Scorrimento della Fondazione, verifica di Portanza della Fondazione e verifica a Ribaltamento della Struttura si è utilizzato l'Approccio 2: A1+M1+R3 (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo strutturale (**STR**), per le Verifiche di resistenza degli elementi strutturali si è utilizzato l'Approccio 2: A1+M1+R3 (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

In accordo con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 - capitolo 7.11 – sono state condotte anche le verifiche in condizioni sismiche applicando i coefficienti parziali dei parametri geotecnici ed alle resistenze (come definiti nel capitolo successivo), mentre i coefficienti parziali dei carichi sono stati posti pari ad 1.

Per quanto riguarda la stabilità globale si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: M2+R2+kh±kv (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (**GEO**) cioè per le Verifiche Esterne a Scorrimento della Fondazione, verifica di Portanza della Fondazione e verifica a Ribaltamento della Struttura si è utilizzato l'Approccio 2: M1+R3+kh±kv (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda invece le verifiche agli SLU di tipo strutturale (**STR**) (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno), per le Verifiche di resistenza degli elementi strutturali si è utilizzato l'Approccio 2:  $M1+R3+kh\pm kv$ .

## 9 COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI

Il progetto strutturale e geotecnico delle opere in esame sarà condotto in conformità alle indicazioni del NTC D.M. 17/01/2018 (rif. Cap. 6).

Nell'ambito delle verifiche allo stato limite ultimo si sono adottati i seguenti coefficienti parziali:

Coefficients PARZIALI DEI PARAMETRI DI RESISTENZA $\gamma_R$			
$R_d = R_k / \gamma_R$	R1	R2	R3
Stabilità globale	-	1,10	-
Scorrimento - Slittamento per attrito	1,00	1,00	1,10
Ribaltamento	1,00	1,00	1,15
Capacità portante della Fondazione - Punzonamento	1,00	1,00	1,40

Coefficients PARZIALI DEI PARAMETRI GEOTECNICI $\gamma_M$		
	M1	M2
Peso unità di volume $\gamma_r$	1,00	1,00
Angolo di attrito $\tan\Phi'_k$ ( $\gamma_\Phi$ )	1,00	1,25
Coesione efficace $c'_k$ ( $\gamma_c$ )	1,00	1,25
Resistenza non drenata $c_{uk}$ ( $\gamma_{cu}$ )	1,00	1,40

Coefficients PARZIALI AZIONI $\gamma_F = \gamma_F$		Fase Statica SLU		
		A1	A2	EQU
<u>PERMANENTE:</u> (Pesi, spinte geostatiche del terreno; sovraccarichi permanenti) ( $\gamma_G = \gamma_{F1G}$ )	Sfavorevole	1,30	1,00	1,10
	Favorevole	1,00	1,00	0,90
<u>VARIABILE:</u> (sovraccarichi variabili; sisma; spinte relative indotte) ( $\gamma_Q = \gamma_{F1Q}$ )	Sfavorevole	1,50	1,30	1,50
	Favorevole	0,00	0,00	0,00

---

Nota:

Coefficienti parziali dei carichi e delle spinte (i carichi permanenti non strutturali sono assimilati ai sovraccarichi permanenti in quanto compiutamente definiti).

I coefficienti parziali di riduzione delle prestazioni dei rinforzi definiti nel report di calcolo di MacStars W come "Fs Rottura Rinforzi" e "Fs Sfilamento Rinforzi" sono posti pari a 1,00 poiché non definiti nelle "Nuove Norme Tecniche 2018".

## 10 IPOTESI DI CALCOLO

---

- |                                                                             |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| • Comune di costruzione o coordinate topografiche:                          | Castellarano (RE) |
| • Vita nominale dell'opera - $V_N$ (Rif. D.M. 17/01/2018 tab 2.4.I)         | 50 anni           |
| • Coefficiente d'uso - $C_U$ (Rif. D.M. 17/01/2018 tab 2.4.II)              | Classe II         |
| • Categoria del Sottosuolo (Rif. D.M. 17/01/2018 tab. 3.2.II e tab. 3.2.IV) | A                 |
| • Categoria Topografica (Rif. D.M. 17/01/2018 Tab. 3.2.III e Tab. 3.2.V)    | T1                |

Nei calcoli di stabilità e resistenza si sono assunte le caratteristiche fisiche dei terreni, secondo le indicazioni della committente tramite il modulo DIS allegato. La caratterizzazione geomeccanica dei terreni è riportata negli allegati di calcolo.

Si è considerato agente un sovraccarico accidentale pari a 20 kPa.

Per le verifiche sismiche il sovraccarico accidentale dovuto al transito di mezzi viene moltiplicato per il fattore  $\psi_{2j} = 0.2$  in accordo con D.M. 17/01/2018 cap. 5.1.3.12.

Il calcolo viene inoltre eseguito tenendo conto delle azioni sismiche dell'area oggetto del progetto secondo con quanto prescritto da D.M. 17/01/2018 per cui:

Accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido:  $a_g/g = 0,18$

Coefficiente di sottosuolo:  $S = S_s \times S_t = 1,3$

Coefficiente di riduzione:  $\beta_m = 0,38$  (valore riferito allo stato limite ultimo SLV);

Coefficiente sismico orizzontale  $k_h = S \times a_g/g \times \beta_m = 1,3 \times 0,18 \times 0,38 = 0,090$

Coefficiente sismico verticale  $k_v = k_h / 2 = \pm 0,045$

Il dimensionamento delle strutture in progetto è stato eseguito con riferimento a quanto riportato nelle seguenti tabelle ed eventualmente integrato e dettagliato nel proseguo del paragrafo. Per le altezze delle sezioni di calcolo si rimanda ai relativi tabulati ed agli eventuali disegni acclusi alla presente nota oltre che alle tavole di progetto.

<b>DATI GEOTECNICI</b>	<b>Substrato</b>	$\gamma_1 = 21,0 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_1 = 18^\circ$	$c'_1 = 20 \text{ kPa}$
	<b>Strato intermedio</b>	$\gamma_2 = 18,5 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_2 = 24^\circ$	$c'_2 = 10 \text{ kPa}$
	<b>Coltre</b>	$\gamma_3 = 18,5 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_3 = 24^\circ$	$c'_3 = 0 \text{ kPa}$
	<b>Riporto</b>	$\gamma_4 = 20,0 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_4 = 18^\circ$	$c'_4 = 10 \text{ kPa}$
<b>CARICHI ACCIDENTALI ESTERNI</b>	<b>Dinamico</b>	20 kPa (4 kPa in condizioni sismiche)		
	<b>Sismico</b>	$K_h = 0,090$ $K_v = \pm 0,045$		

La veridicità dei dati geotecnici in fase esecutiva deve essere verificata attraverso prove di laboratorio e di cantiere. Sarà compito della D.L. verificare che i materiali posti in opera corrispondono a quelli di progetto, al fine di assicurare, nella costruzione dei rilevati, i coefficienti di sicurezza previsti. La verifica di stabilità globale è a cura del progettista generale dell'opera in quanto influenzata dalle opere di sostegno previste a monte e a valle della stessa.

## 11 METODO DI CALCOLO

L'esame delle condizioni di stabilità dei rilevati viene condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante un programma di calcolo denominato MacStar W cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di BISHOP modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari.

Per tutti i dettagli teorici si rimanda al manuale di calcolo allegato.

Il contributo dei teli di rinforzo viene introdotto nel calcolo solo se essi intersecano la superficie di scivolamento. La resistenza a trazione nei rinforzi può mobilitarsi per l'aderenza tra il rinforzo stesso ed i materiali (terreno o altri rinforzi) che si trovano sopra e/o sotto.

Tale contributo viene simulato con una forza stabilizzante diretta verso l'interno del rilevato applicata nel punto di contatto tra superficie di scorrimento e rinforzo stesso. Il modulo di tale forza è determinato scegliendo il minore tra il valore della resistenza a rottura del rinforzo ed il valore della resistenza allo sfilamento del rinforzo nel tratto di ancoraggio o nel tratto interno alla porzione di terreno instabile.

Per tenere conto dell'effetto dei rinforzi è stato implementato un modello di comportamento rigido. Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo, che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata, fornisca la forza di rottura del rinforzo penalizzata del relativo coefficiente di sicurezza,

indipendentemente dai valori di rigidezza dei rinforzi stessi. Per ciascun rinforzo vengono verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo;
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;
- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo. Nel secondo e terzo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al minore dei due valori di sfilamento.

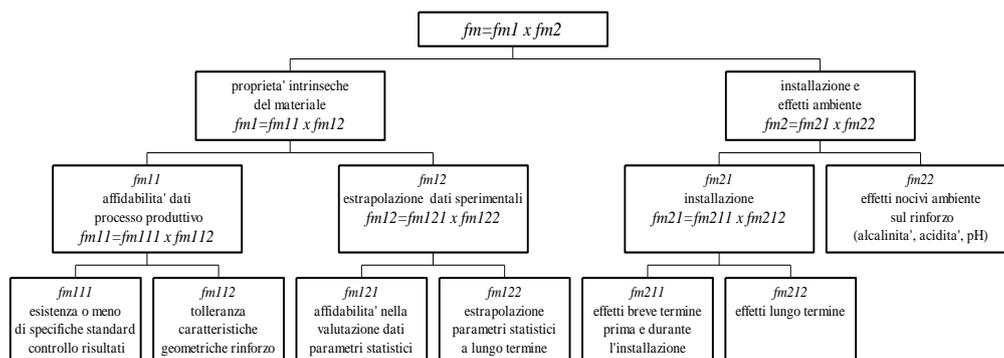
Ai fini del calcolo strutturale si è tenuto conto che si tratta di un'opera permanente per cui si è fatto riferimento alle prestazioni a lungo termine dei materiali metallici.

A tale proposito viene valutato il parametro di resistenza di lavoro  $T_d$ . Mancando in Italia uno specifico riferimento normativo, la stima della resistenza di lavoro degli elementi di rinforzo è stata determinata facendo riferimento allo schema illustrato di seguito che la normativa inglese BS8006 prescrive per i rinforzi in genere.

La resistenza di lavoro  $T_d$  è valutata secondo la formula:

$$T_d = T_b / f_m$$

Dove  $f_m$  è il fattore di sicurezza complessivo che consente di passare dalla resistenza a trazione nominale  $T_b$  a quella di progetto e si compone secondo lo schema indicato sotto:



La valutazione di dettaglio dei fattori parziali di sicurezza è riportata nella nota tecnica n° 7 in allegato.

Per il valore di  $T_b$ , resistenza nominale del rinforzo, ci si è basati sulle prove di trazione eseguite al CTC, Denver - Stati Uniti in accordo all'ASTM A-975, che hanno portato alla definizione del seguente valore per la resistenza a trazione nominale della rete metallica a doppia torsione:

$$T_b = 50 \text{ kN/m}$$

Un ulteriore coefficiente di sicurezza per fenomeni di creep viene considerato nel caso di rinforzi in materiali sintetici ed il suo valore è tabellato a seconda della certificazione dei materiali.

Per rinforzi realizzati in rete metallica doppia torsione, che non subiscono effetti di creep alle condizioni di carico di lavoro, tale coefficiente di riduzione non viene applicato.

La tabella seguente mostra i valori della resistenza a trazione di ogni rinforzo e del valore del coefficiente di sicurezza alla rottura applicato  $f_m$  e  $f_{creep}$ .

		PARAGRID 150/05		TERRAMESH SYSTEM 3x1x1 (mesh 8x10 wire 2.7/3.7mm)	
		Gravel	Sandy gravel	Gravel	Sandy gravel
<b>Resistenza caratteristica a trazione (UTS)</b>	kN/m	150	150	50	50
<b>Coefficiente di sicurezza globale - <math>f_m</math></b>	-	1.52 1.1 (in condizioni sismiche)	1.51 1.09 (in condizioni sismiche)	1.26	1.09
<b>Resistenza a trazione di progetto</b>	kN/m	98.68	99.34	39.6	45.8

## 12 SEZIONI OGGETTO DI VERIFICA

Le sezioni verificate secondo la combinazione più gravosa per il dimensionamento, di cui nel seguito si riportano i tabulati di calcolo, sono:

- 1) Sezione Tipo Statica del Rilevato strutturale
- 2) Sezione Tipo Sismica +kh -kv del Rilevato strutturale
- 3) Sezione Tipo Sismica +kh +kv del Rilevato strutturale

---

## 13 ESITO DELLE VERIFICHE

---

### 13.1 COEFFICIENTI DI SOVRADIMENSIONAMENTO – VALORI MINIMI OTTENUTI

Nella verifica di stabilità esterna ed interna si definiscono i cosiddetti coefficienti di sovradimensionamento, cioè i rapporti fra le capacità di resistenza della struttura e le azioni agenti sulla struttura stessa. Poiché nel calcolo si introducono sia coefficienti di sicurezza parziali che fattori di amplificazione dei carichi, è sufficiente che i fattori di sovradimensionamento siano maggiori od uguali a 1,00 per garantire la sicurezza nei confronti del criterio considerato. I valori minimi ottenuti nella struttura in oggetto sono riportati in dettaglio nei tabulati di calcolo allegati.

Sezione	Coefficienti Minimi di Sovradimensionamento (+kv)				
	Stabilità Esterna				Stabilità Interna
	Globale	Scorrim.	Ribaltamento	Capacità Portante	
Sez. Tipo Statica	1.073	3.123	4.714	2.048	1.596
Sez. Tipo Sismica +kh -kv	1.023	1.329	1.702	1.116	1.048
Sez. Tipo Sismica +kh +kv	1.046	1.373	1.560	1.160	1.068
<b>Condizione da soddisfare</b>	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$

### 13.2 ESCLUSIONI

La verifica della stabilità globale dell'opera, tanto nelle fasi di costruzione che in esercizio, è rinviata al Progettista Generale. La veridicità dei dati geotecnici in fase esecutiva deve essere verificata attraverso prove di laboratorio e di cantiere. Sarà compito della DD.LL. verificare che i materiali posti in opera corrispondano a quelli di progetto, al fine di assicurare, nella costruzione dei rilevati, i coefficienti di sicurezza previsti.

La Società Officine Maccaferri Italia S.r.l. si limita a fornire gli elementi (come le Rh e Rv risultanti orizzontale e verticale, la pressione massima qmax alla base del muro ed altro) necessari al calcolo dei cedimenti che dovranno essere eseguiti dagli organismi competenti come il Progettista Generale e/o lo Studio Geotecnico competente, con l'ausilio dei risultati delle indagini geotecniche.

---

## 14 ALLEGATI A PARTE

---

- Report di calcolo verifiche

# MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls  
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)  
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta...: Opera in terra rinforzata a paramento verticale in gabbione

Sezione.....: Sez. tipo Statica

Località.....: Tressano-Castellarano

Pratica.....:

File.....: Sez. tipo Statica

Data.....: 19/03/2021

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2018\_Verifiche di sicurezza (SLU)

## SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .....	2
PROFILI STRATIGRAFICI .....	3
BLOCCHI RINFORZATI .....	3
Blocco : TMS0 .....	3
Blocco : TMS1 .....	4
Blocco : TMS2-2.....	4
Blocco : TMS2 .....	4
Blocco : TMS3 .....	5
CARICHI.....	5
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI .....	6
VERIFICHE.....	7
Verifica di stabilità interna : .....	7
Verifica come muro di sostegno : .....	9
Verifica di stabilità globale : .....	11



Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00  
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole  
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.00  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.00  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**PROFILI STRATIGRAFICI****Strato: R**

Descrizione: Riempimento

Terreno : R

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	10.00	14.00	10.00	14.51	7.37		

**Strato: R1**

Descrizione: Riempimento in terreno stabilizzato

Terreno : TSC

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
14.00	10.00	25.00	10.00	25.70	5.55	26.30	3.22
26.35	1.55						

**Strato: S1**

Descrizione: Limo e Sabbia

Terreno : S1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	10.00	14.50	7.36	14.82	5.68		

**Strato: S2**

Descrizione: Argilla molto consistente FFA

Terreno : S2

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.01	8.37	14.82	5.68	15.60	1.55	26.35	1.55
46.63	-3.18						

**Strato: S3**

Descrizione:

Terreno : S1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
26.30	3.22	46.64	-1.57				

**BLOCCHI RINFORZATI****Blocco : TMS0**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 4.50 Altezza.....= 2.00  
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 17.60 Ordinata.....= 1.55  
 Inclinazione paramento...[°].....: 2.00

Terreno riempimento gabbioni.....: GB  
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
 Rilevato strutturale.....: TSC  
 Terreno di riempimento a tergo.....: TSC  
 Terreno di copertura.....: TSC  
 Terreno di fondazione.....: S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

**Blocco : TMS1**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 4.50      Altezza..... = 2.00  
Coordinate Origine.....[m] : Ascissa..... = 26.35      Ordinata..... = 1.55  
Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni ..... : GB  
Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Sabbia  
Rilevato strutturale..... : TSC  
Terreno di riempimento a tergo..... : TSC  
Terreno di copertura..... : TSC  
Terreno di fondazione..... : S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

**Blocco : TMS2-2**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 4.20      Altezza..... = 4.00  
Coordinate Origine.....[m] : Ascissa..... = 17.70      Ordinata..... = 3.55  
Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni ..... : GB  
Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Sabbia  
Rilevato strutturale..... : TSC  
Terreno di riempimento a tergo..... : TSC  
Terreno di copertura..... : TSC  
Terreno di fondazione..... : S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 150

Lunghezza.....[m] = 4.20  
Interasse verticale.....[m] = 2.00  
Offset.....[m] = 1.00

**Blocco : TMS2**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 4.30      Altezza..... = 4.00  
Arretramento.....[m] = 0.05 da TMS1  
Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni .....: GB  
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
 Rilevato strutturale.....: TSC  
 Terreno di riempimento a tergo.....: TSC  
 Terreno di copertura.....: TSC  
 Terreno di fondazione.....: S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
 Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 150

Lunghezza.....[m] = 4.30  
 Interasse verticale.....[m] = 0.00  
 Offset.....[m] = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 150

Lunghezza.....[m] = 4.30  
 Interasse verticale.....[m] = 0.00  
 Offset.....[m] = 3.00

**Blocco : TMS3**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 8.22      Altezza..... = 3.00  
 Arretramento.....[m] = 0.05 da TMS2  
 Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni .....: GB  
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
 Rilevato strutturale.....: TSC  
 Terreno di riempimento a tergo.....: TSC  
 Terreno di copertura.....: TSC  
 Terreno di fondazione.....: S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
 Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

**Profilo di ricopertura:**

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	0.81	0.79	7.15	0.79		

**CARICHI**

**Pressione : Q**

Descrizione : Sovraccarico Stradale psi=0.2

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>] = 4.00      Inclinazione.....[°] = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 19.00 To = 25.00

**Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>] : Orizzontale.....= 0.88 Verticale.....= 0.44**PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**

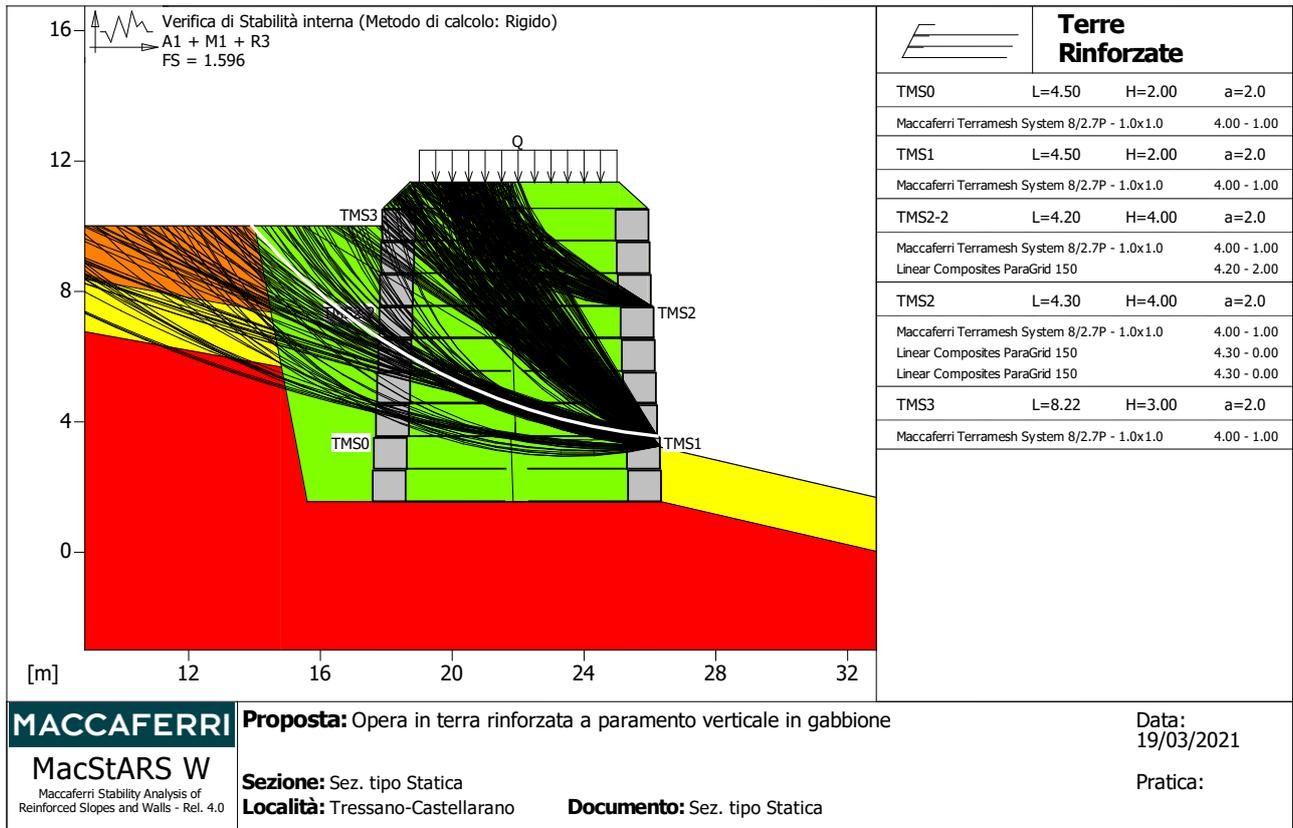
## Linear Composites - ParaGrid - 150

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	150.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....		0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	1667.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.52
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.21
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.40

## Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	50.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....		2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.26
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.30

**VERIFICHE**



**Verifica di stabilità interna :**

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3  
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido  
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop  
 Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.596

**Intervallo di ricerca delle superfici**

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TMS1	Primo punto	Secondo punto
	4.00	24.00

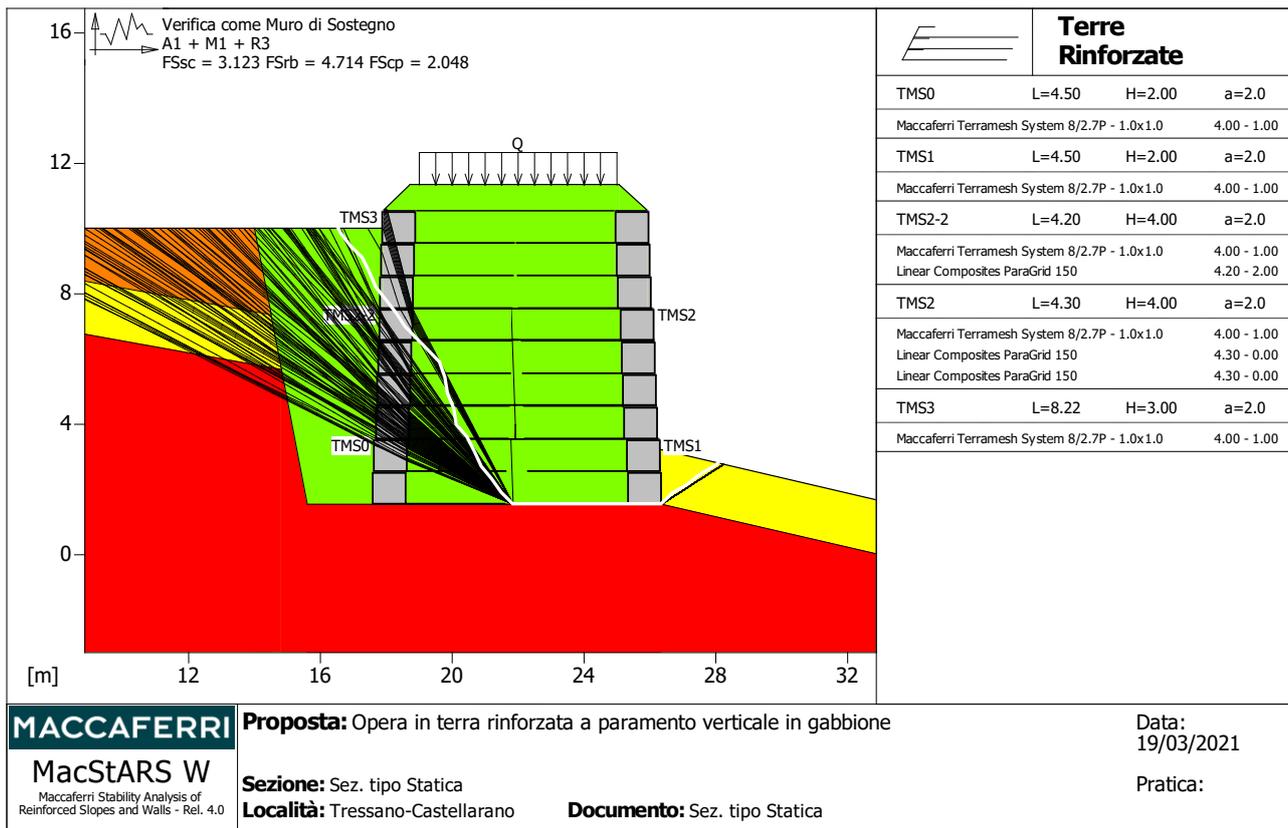
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1  
 Numero totale superfici di prova.....: 1000  
 Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 1.00  
 Angolo limite orario..... [°].....: 0.00  
 Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

**Blocco : TMS2-2**  
**Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0**

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
2.000	50.0	116.2	45.9	1.09	2.53

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
0.00	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
1.30	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



**MACCAFERRI**

**Proposta:** Opera in terra rinforzata a paramento verticale in gabbione

Data:  
19/03/2021

**MacStARS W**

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

**Sezione:** Sez. tipo Statica

**Località:** Tressano-Castellarano

**Documento:** Sez. tipo Statica

Pratica:

### Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : TMS1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 363.02

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 105.68

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.123

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 2068.60

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 381.55

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 4.714

Pressione ultima assegnata.

Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 600.00

Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 209.26

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 2.048

Fondazione equivalente.....[m].....: 4.02

Eccentricità forza normale.....[m].....: 0.24

Braccio momento.....[m].....: 3.61

Forza normale.....[kN].....: 840.27

Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 247.04

Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 126.42

Fattore

Classe

1.50

Variabile - sfavorevole

0.00

Sisma

1.00

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

1.00

Coeff. Parziale - Coesione efficace

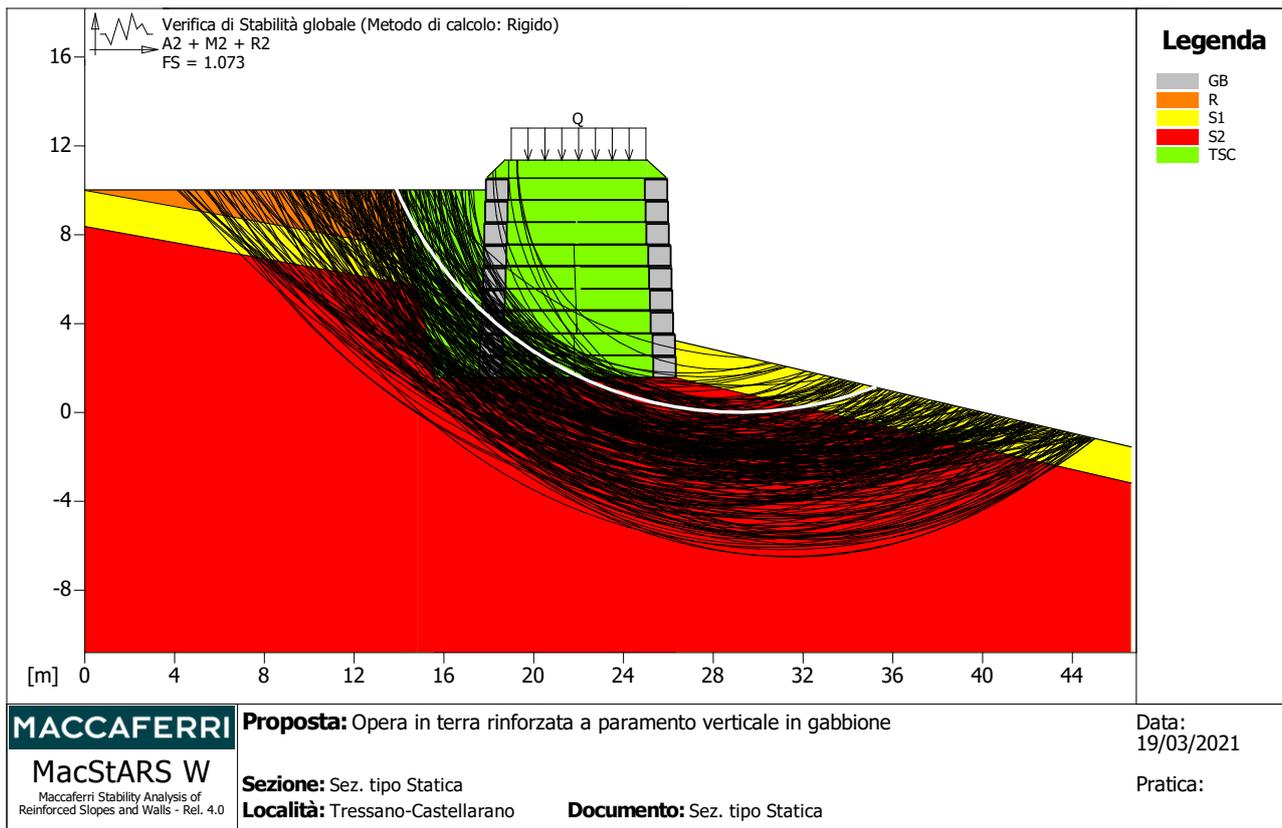
1.00

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

1.30

Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole

1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.073

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
4.00	20.00	28.00	45.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		100	
Numero totale superfici di prova.....:		1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Blocco : TMS0

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
1.000	50.0	101.1	45.9	1.09	2.20

Blocco : TMS2-2

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	190.7	45.9	1.09	4.15

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

-----  
***Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al Cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico.***

***Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta. Pertanto Officine Maccaferri non è responsabile in caso di un uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.***

-----

# MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls  
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)  
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta...: Opera in terra rinforzata a paramento verticale in gabbione

Sezione.....: Sez. tipo Sismica +kh + kv

Località.....: Tressano-Castellarano

Pratica.....:

File.....: Sez. tipo Sismica +kh +kv

Data.....: 19/03/2021

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2018\_Verifiche di sicurezza (SLU)

## SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .....	2
PROFILI STRATIGRAFICI .....	3
BLOCCHI RINFORZATI .....	3
Blocco : TMS0 .....	3
Blocco : TMS1 .....	4
Blocco : TMS2-2.....	4
Blocco : TMS2 .....	4
Blocco : TMS3 .....	5
CARICHI.....	5
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI .....	6
VERIFICHE.....	7
Verifica come muro di sostegno : .....	7
Verifica di stabilità interna : .....	9
Verifica di stabilità globale : .....	11

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI**

<b>Terreno : GB</b>	Descrizione : Gabbione H 1m TMS
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 17.00
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> ].....: 17.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 17.50
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : R</b>	Descrizione : Terreno di riporto
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.....	[°].....: 24.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 18.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 18.50
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : S1</b>	Descrizione : Limo e Sabbia
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 10.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 24.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 18.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 18.50
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : S2</b>	Descrizione : Argilla molto consistente FFA
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 20.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 18.00
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> ].....: 21.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 21.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : TSC</b>	Descrizione : Terreno strutturale stabilizzato a calce (ipotizzato)
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 10.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 18.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00  
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole  
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.00  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.00  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**PROFILI STRATIGRAFICI****Strato: R**

Descrizione: Riempimento

Terreno : R

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	10.00	14.00	10.00	14.51	7.37		

**Strato: R1**

Descrizione: Riempimento in terreno stabilizzato

Terreno : TSC

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
14.00	10.00	25.00	10.00	25.70	5.55	26.30	3.22
26.35	1.55						

**Strato: S1**

Descrizione: Limo e Sabbia

Terreno : S1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	10.00	14.50	7.36	14.82	5.68		

**Strato: S2**

Descrizione: Argilla molto consistente FFA

Terreno : S2

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.01	8.37	14.82	5.68	15.60	1.55	26.35	1.55
46.63	-3.18						

**Strato: S3**

Descrizione:

Terreno : S1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
26.30	3.22	46.64	-1.57				

**BLOCCHI RINFORZATI****Blocco : TMS0**

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 4.50 Altezza..... = 2.00  
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 17.60 Ordinata..... = 1.55  
 Inclinazione paramento...[°].....: 2.00

Terreno riempimento gabbioni .....: GB  
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
 Rilevato strutturale.....: TSC  
 Terreno di riempimento a tergo.....: TSC  
 Terreno di copertura.....: TSC  
 Terreno di fondazione.....: S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

**Blocco : TMS1**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 4.50      Altezza..... = 2.00  
Coordinate Origine.....[m] : Ascissa..... = 26.35      Ordinata..... = 1.55  
Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni ..... : GB  
Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Sabbia  
Rilevato strutturale..... : TSC  
Terreno di riempimento a tergo..... : TSC  
Terreno di copertura..... : TSC  
Terreno di fondazione..... : S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

**Blocco : TMS2-2**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 4.20      Altezza..... = 4.00  
Coordinate Origine.....[m] : Ascissa..... = 17.70      Ordinata..... = 3.55  
Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni ..... : GB  
Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Sabbia  
Rilevato strutturale..... : TSC  
Terreno di riempimento a tergo..... : TSC  
Terreno di copertura..... : TSC  
Terreno di fondazione..... : S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 150\_Seismic

Lunghezza.....[m] = 4.20  
Interasse verticale.....[m] = 2.00  
Offset.....[m] = 1.00

**Blocco : TMS2**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 4.30      Altezza..... = 4.00  
Arretramento.....[m] = 0.05 da TMS1  
Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni .....: GB  
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
 Rilevato strutturale.....: TSC  
 Terreno di riempimento a tergo.....: TSC  
 Terreno di copertura.....: TSC  
 Terreno di fondazione.....: S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
 Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 150\_Seismic

Lunghezza.....[m] = 4.30  
 Interasse verticale.....[m] = 0.00  
 Offset.....[m] = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 150\_Seismic

Lunghezza.....[m] = 4.30  
 Interasse verticale.....[m] = 0.00  
 Offset.....[m] = 3.00

**Blocco : TMS3**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 8.22      Altezza..... = 3.00  
 Arretramento.....[m] = 0.05 da TMS2  
 Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni .....: GB  
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
 Rilevato strutturale.....: TSC  
 Terreno di riempimento a tergo.....: TSC  
 Terreno di copertura.....: TSC  
 Terreno di fondazione.....: S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
 Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

**Profilo di ricopertura:**

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	0.81	0.79	7.15	0.79		

**CARICHI**

**Pressione : Q**

Descrizione : Sovraccarico Stradale psi=0.2

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²] = 4.00      Inclinazione.....[°] = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 19.00 To = 25.00

**Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>] : Orizzontale.....= 0.88 Verticale.....= 0.44**PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**

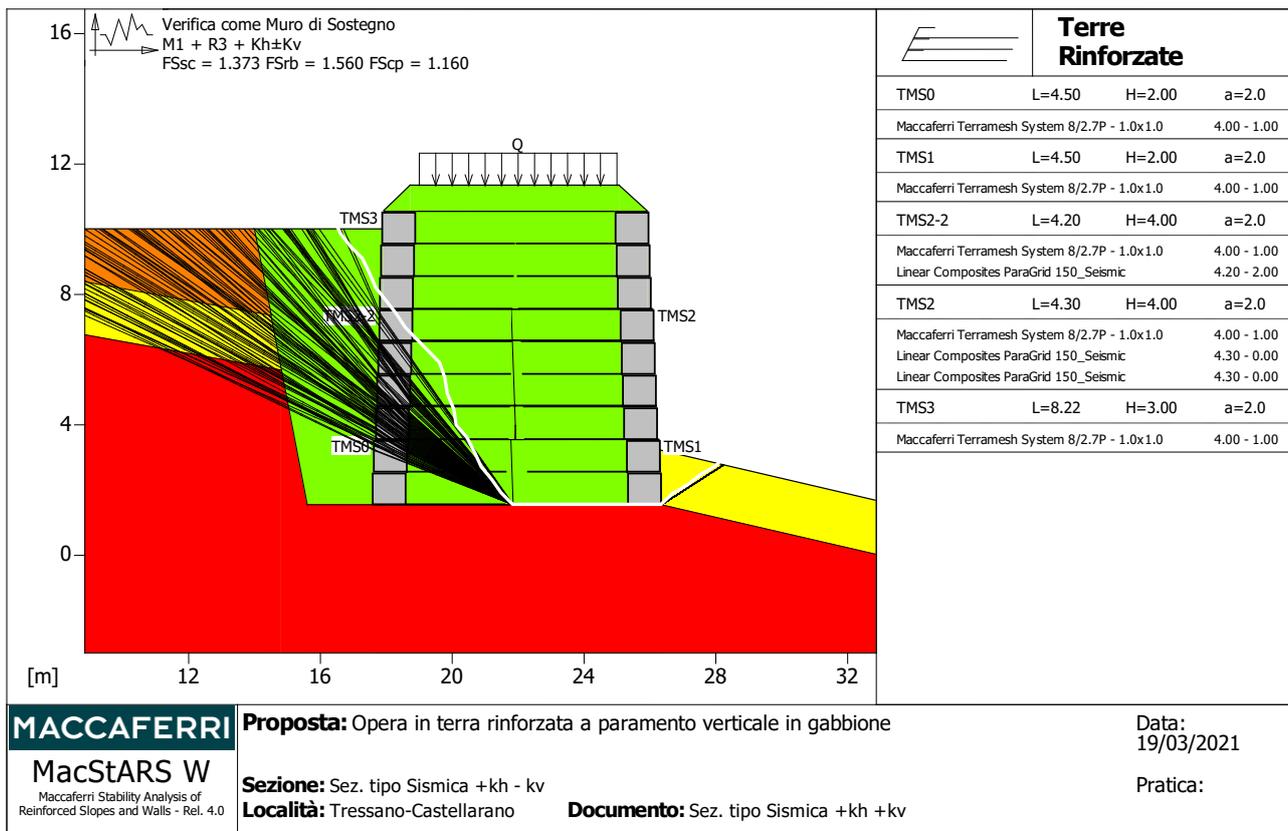
## Linear Composites - ParaGrid - 150\_Seismic

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	150.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....		0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	1667.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.21
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.40

## Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	50.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....		2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.26
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.30

**VERIFICHE**



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TMS1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 348.85

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 254.16

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 1.373

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 2049.50

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 1313.40

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 1.560

Pressione ultima assegnata.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 600.00

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 431.09

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.160

Fondazione equivalente.....[m].....: 1.85

Eccentricità forza normale.....[m].....: 1.33

Braccio momento.....[m].....: 5.17

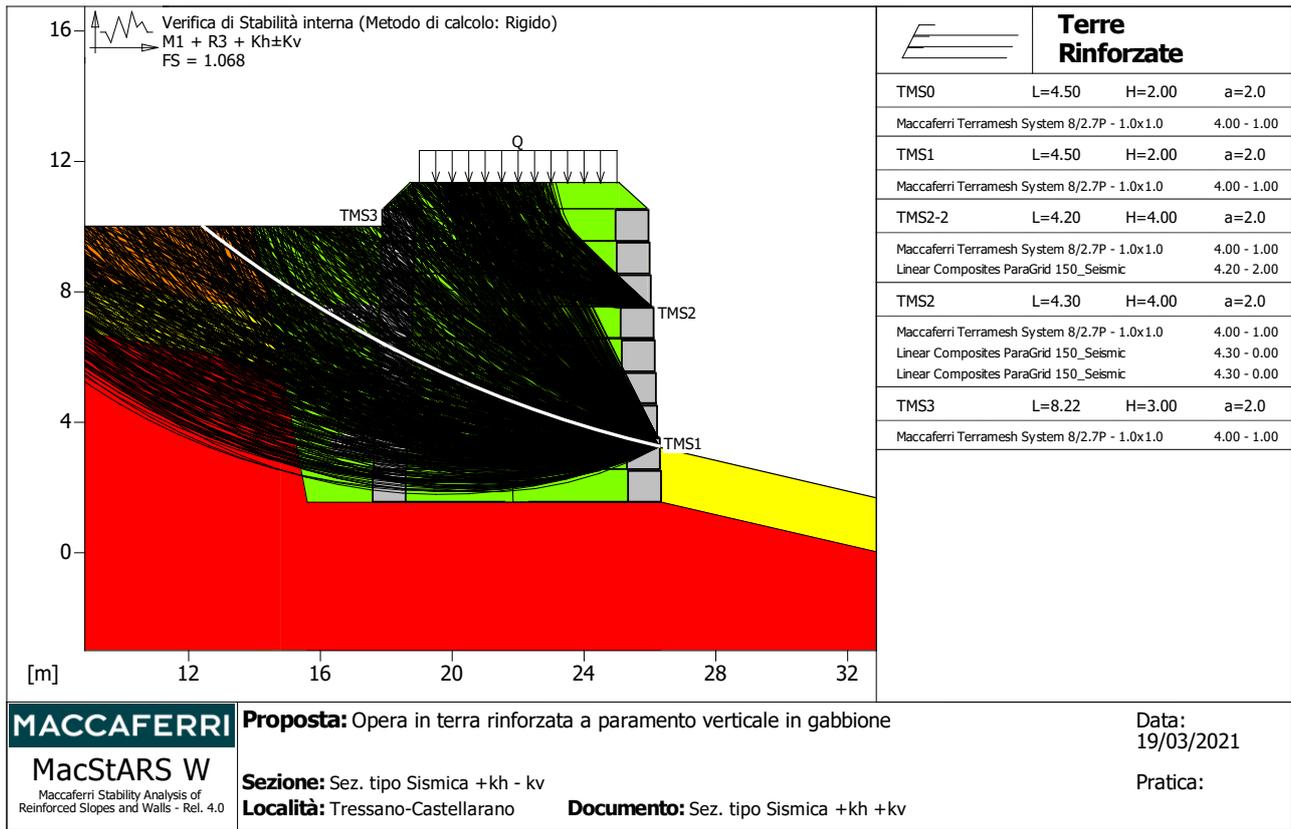
Forza normale.....[kN].....: 796.66

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 574.79

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 0.00

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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 - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.20	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento



**MACCAFERRI**  
**MacStARS W**  
Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

**Proposta:** Opera in terra rinforzata a paramento verticale in gabbione  
**Sezione:** Sez. tipo Sismica +kh - kv  
**Località:** Tressano-Castellarano  
**Documento:** Sez. tipo Sismica +kh +kv

Data: 19/03/2021  
 Pratica:

### Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.068

#### Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TMS1	4.00	24.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

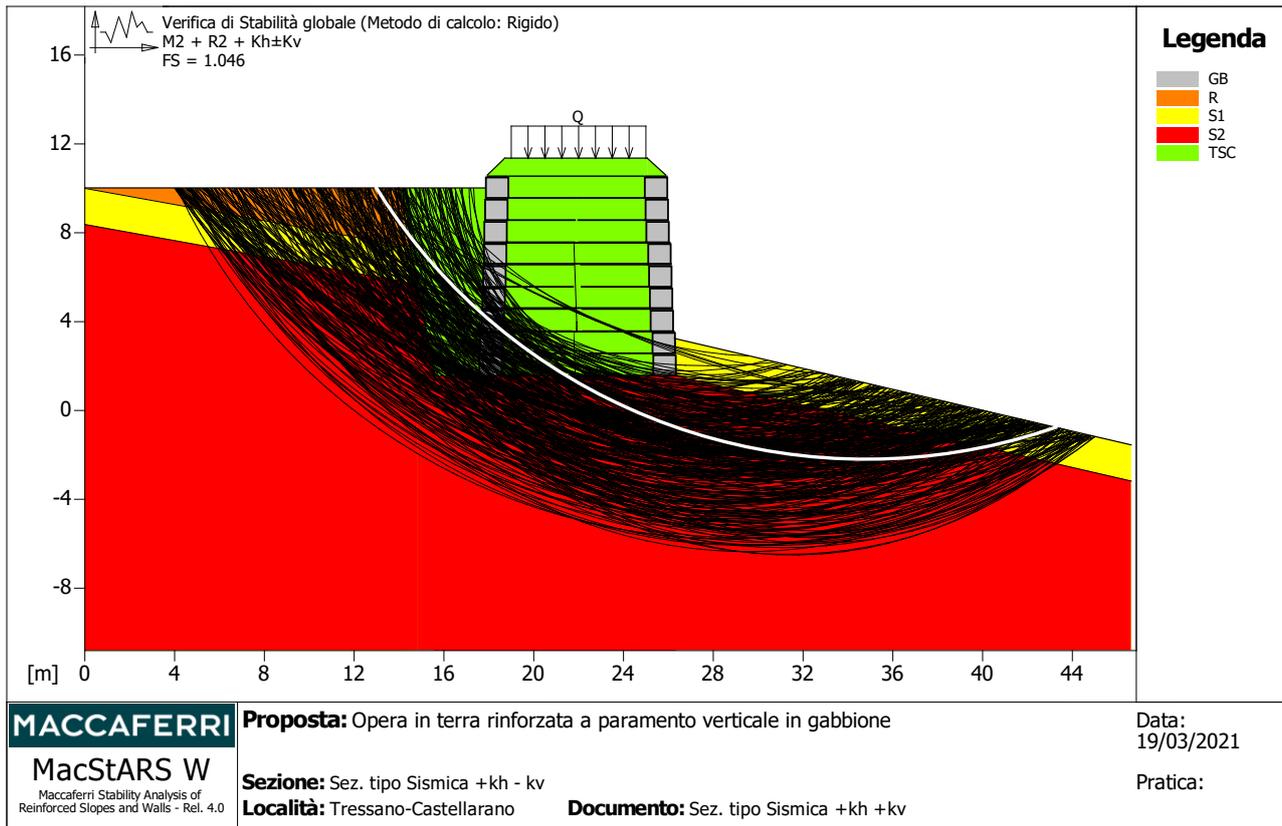
#### Blocco : TMS2-2 Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	1/Fmax	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]			
2.000	50.0	108.0	45.9	1.09		2.35

#### Blocco : TMS2 Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	1/Fmax	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]			
0.000	50.0	195.4	45.9	1.09		4.26

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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 - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.046

**Intervallo di ricerca delle superfici**

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]			
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto		
4.00	20.00	28.00	45.00		
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:				100	
Numero totale superfici di prova.....:				1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:				1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:				0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:				0.00	

**Blocco : TMS0**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	1/Fmax	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]			
1.000	50.0	127.2	45.9	1.09		2.77

**Blocco : TMS2-2**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	1/Fmax	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]			
0.000	50.0	204.9	45.9	1.09		4.46

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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 - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

-----  
***Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al Cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico.***

***Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta. Pertanto Officine Maccaferri non è responsabile in caso di un uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.***

-----

# MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls  
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)  
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta...: Opera in terra rinforzata a paramento verticale in gabbione

Sezione.....: Sez. tipo Sismica +kh - kv

Località.....: Tressano-Castellarano

Pratica.....:

File.....: Sez. tipo Sismica +kh - kv

Data.....: 19/03/2021

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2018\_Verifiche di sicurezza (SLU)

## SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .....	2
PROFILI STRATIGRAFICI .....	3
BLOCCHI RINFORZATI .....	3
Blocco : TMS0 .....	3
Blocco : TMS1 .....	4
Blocco : TMS2-2.....	4
Blocco : TMS2 .....	4
Blocco : TMS3 .....	5
CARICHI.....	5
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI .....	6
VERIFICHE.....	7
Verifica come muro di sostegno : .....	7
Verifica di stabilità interna : .....	9
Verifica di stabilità globale : .....	11



Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00  
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole  
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.00  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.00  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**PROFILI STRATIGRAFICI****Strato: R**

Descrizione: Riempimento

Terreno : R

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	10.00	14.00	10.00	14.51	7.37		

**Strato: R1**

Descrizione: Riempimento in terreno stabilizzato

Terreno : TSC

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
14.00	10.00	25.00	10.00	25.70	5.55	26.30	3.22
26.35	1.55						

**Strato: S1**

Descrizione: Limo e Sabbia

Terreno : S1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	10.00	14.50	7.36	14.82	5.68		

**Strato: S2**

Descrizione: Argilla molto consistente FFA

Terreno : S2

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.01	8.37	14.82	5.68	15.60	1.55	26.35	1.55
46.63	-3.18						

**Strato: S3**

Descrizione:

Terreno : S1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
26.30	3.22	46.64	-1.57				

**BLOCCHI RINFORZATI****Blocco : TMS0**

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 4.50 Altezza..... = 2.00  
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 17.60 Ordinata..... = 1.55  
 Inclinazione paramento...[°].....: 2.00

Terreno riempimento gabbioni .....: GB  
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
 Rilevato strutturale.....: TSC  
 Terreno di riempimento a tergo.....: TSC  
 Terreno di copertura.....: TSC  
 Terreno di fondazione.....: S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

**Blocco : TMS1**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 4.50      Altezza..... = 2.00  
Coordinate Origine.....[m] : Ascissa..... = 26.35      Ordinata..... = 1.55  
Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni ..... : GB  
Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Sabbia  
Rilevato strutturale..... : TSC  
Terreno di riempimento a tergo..... : TSC  
Terreno di copertura..... : TSC  
Terreno di fondazione..... : S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

**Blocco : TMS2-2**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 4.20      Altezza..... = 4.00  
Coordinate Origine.....[m] : Ascissa..... = 17.70      Ordinata..... = 3.55  
Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni ..... : GB  
Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Sabbia  
Rilevato strutturale..... : TSC  
Terreno di riempimento a tergo..... : TSC  
Terreno di copertura..... : TSC  
Terreno di fondazione..... : S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 150\_Seismic

Lunghezza.....[m] = 4.20  
Interasse verticale.....[m] = 2.00  
Offset.....[m] = 1.00

**Blocco : TMS2**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 4.30      Altezza..... = 4.00  
Arretramento.....[m] = 0.05 da TMS1  
Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni .....: GB  
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
 Rilevato strutturale.....: TSC  
 Terreno di riempimento a tergo.....: TSC  
 Terreno di copertura.....: TSC  
 Terreno di fondazione.....: S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
 Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 150\_Seismic

Lunghezza.....[m] = 4.30  
 Interasse verticale.....[m] = 0.00  
 Offset.....[m] = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 150\_Seismic

Lunghezza.....[m] = 4.30  
 Interasse verticale.....[m] = 0.00  
 Offset.....[m] = 3.00

**Blocco : TMS3**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 8.22      Altezza..... = 3.00  
 Arretramento.....[m] = 0.05 da TMS2  
 Inclinazione paramento.....[°] : 2.00

Terreno riempimento gabbioni .....: GB  
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
 Rilevato strutturale.....: TSC  
 Terreno di riempimento a tergo.....: TSC  
 Terreno di copertura.....: TSC  
 Terreno di fondazione.....: S2

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 4.00  
 Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00      Larghezza..... = 1.00

**Profilo di ricopertura:**

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	0.81	0.79	7.15	0.79		

**CARICHI**

**Pressione : Q**

Descrizione : Sovraccarico Stradale psi=0.2

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²] = 4.00      Inclinazione.....[°] = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 19.00 To = 25.00

**Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>] : Orizzontale.....= 0.88 Verticale.....= -0.44**PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**

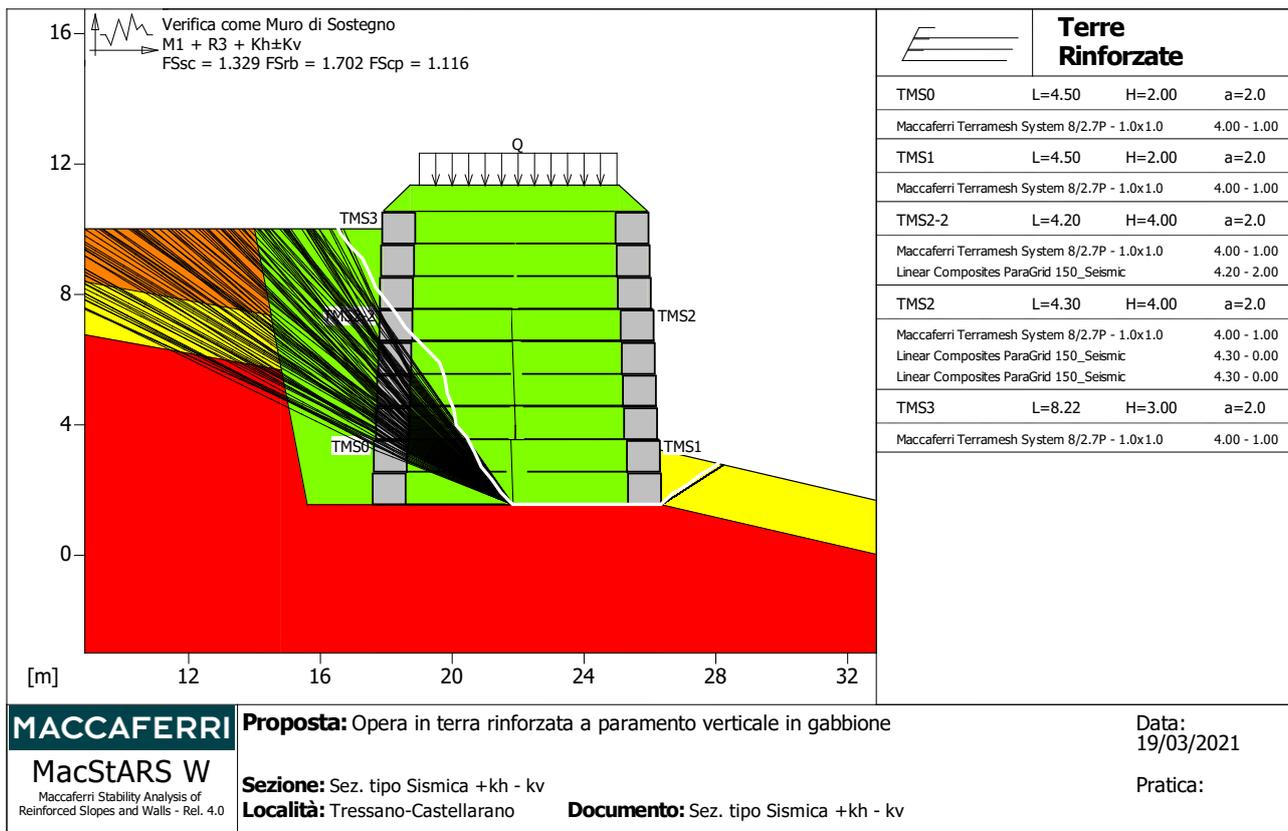
## Linear Composites - ParaGrid - 150\_Seismic

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	150.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....		0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	1667.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.21
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.40

## Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	50.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....		2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.26
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.30

**VERIFICHE**



**MACCAFERRI**  
**MacStARS W**  
 Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

**Proposta:** Opera in terra rinforzata a paramento verticale in gabbione  
**Sezione:** Sez. tipo Sismica +kh - kv  
**Località:** Tressano-Castellarano **Documento:** Sez. tipo Sismica +kh - kv

**Data:** 19/03/2021  
**Pratica:**

**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

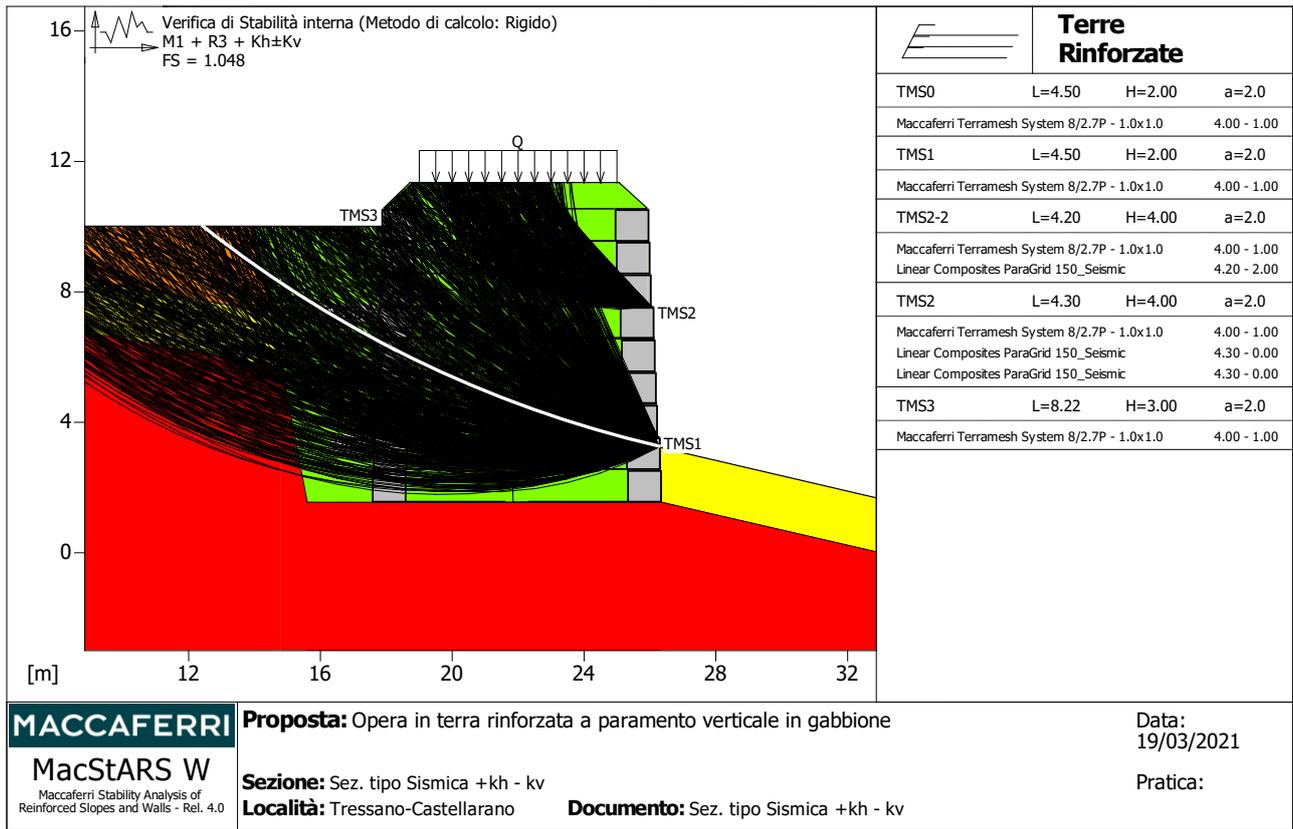
Stabilità verificata sul blocco : TMS1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 372.85  
 Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 280.46  
 Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento  
 Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 1.329  
 Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 2049.50  
 Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 1204.00  
 Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento  
 Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 1.702  
 Pressione ultima assegnata.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 600.00  
 Pressione media agente.....[kN/m²].....: 448.15  
 Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante  
 Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.116  
 Fondazione equivalente.....[m].....: 1.94  
 Eccentricità forza normale.....[m].....: 1.28  
 Braccio momento.....[m].....: 4.29  
 Forza normale.....[kN].....: 870.53  
 Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 597.53  
 Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 0.00

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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 - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.20	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento



### Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.048

#### Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TMS1	4.00	24.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

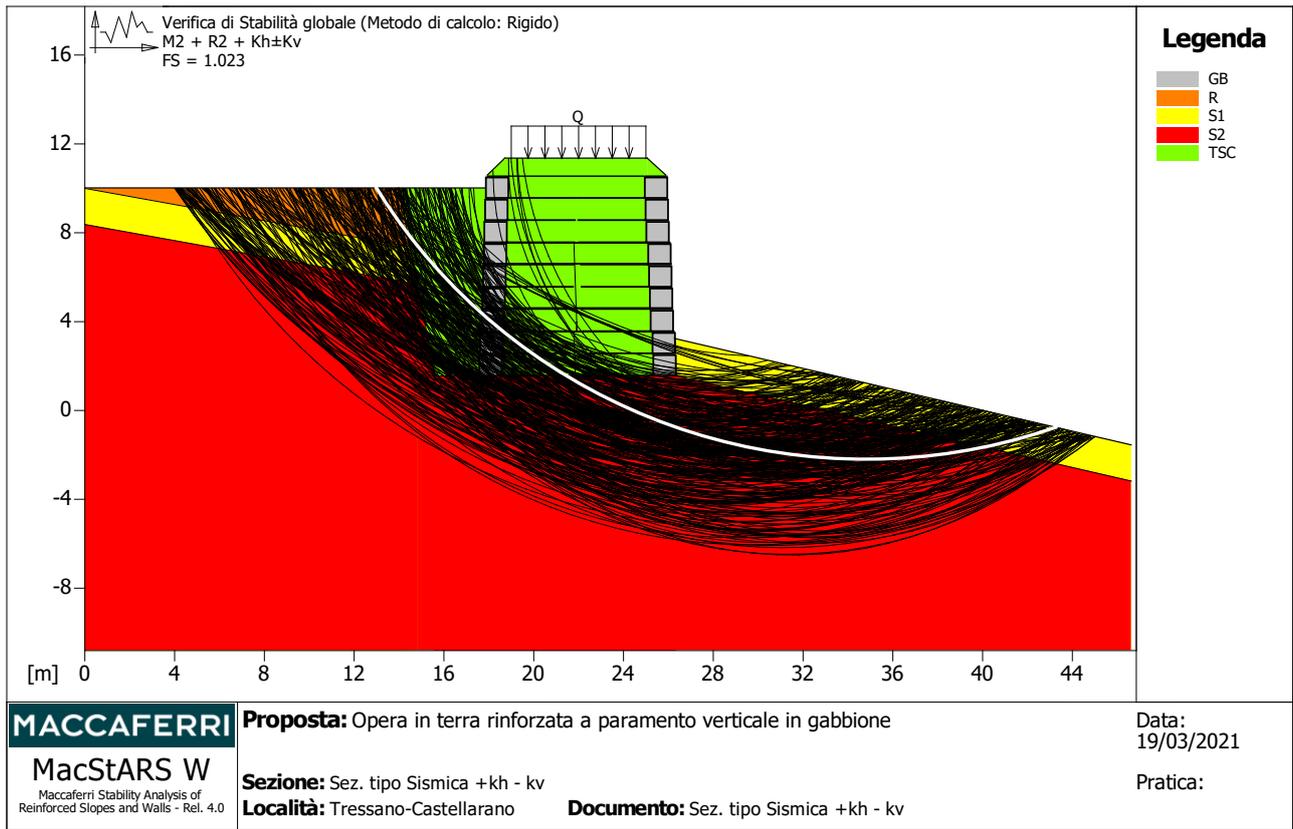
#### Blocco : TMS2-2 Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
2.000	50.0	108.0	45.9	1.09	2.35

#### Blocco : TMS2 Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	50.0	195.4	45.9	1.09	4.26

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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 - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.023

**Intervallo di ricerca delle superfici**

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
4.00	20.00	28.00	45.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		100	
Numero totale superfici di prova.....:		1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

**Blocco : TMS0**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
1.000	50.0	127.2	45.9	1.09	2.77

**Blocco : TMS2-2**

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	50.0	204.9	45.9	1.09	4.46

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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 - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

-----  
***Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al Cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico.***

***Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta. Pertanto Officine Maccaferri non è responsabile in caso di un uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.***

-----