

**ITINERARIO INTERNAZIONALE E78  
S.G.C. GROSSETO - FANO  
ADEGUAMENTO A 4 CORSIE  
NEL TRATTO GROSSETO - SIENA (S.S. 223 "DI PAGANICO")  
DAL KM 41+600 AL KM 53+400 - LOTTO 9**

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **FI15**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL PROGETTISTA:**

Dott. Ing. Federico Durastanti  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A844

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**IL R.U.P.**

Dott. Ing.  
Raffaele Franco Carso

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



Dott.Ing. N.Granieri  
Dott.Arch. N.Kamenicky  
Dott.Ing. V.Truffini  
Dott.Arch. A.Bracchini  
Dott.Ing. F.Durastanti  
Dott.Ing. E.Bartolucci  
Dott.Geol. G.Cerquiglini  
Geom. S.Scopetta  
Dott.Ing. L.Sbrenna  
Dott.Ing. E.Sellari  
Dott.Ing. L.Dinelli  
Dott.Ing. L.Nani  
Dott.Ing. F.Pambianco  
Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini  
Dott. Ing. S.Sacconi  
Dott. Ing. A.Rea  
Dott. Ing. V.De Gori  
Dott. Ing. C.Consorti  
Geom. F.Dominici

Dott. Ing. V.Rotisciani  
Dott. Ing. F.Macchioni  
Geom. C.Vischini  
Dott. Ing. V.Piunno  
Dott. Ing. G.Pulli  
Geom. C.Sugaroni



**CAVALCAVIA  
CAVALCAVIA DI SVINCOLO PONTICINI  
Relazione di calcolo delle terre rinforzate**

**CODICE PROGETTO**

PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG.  
**L O F I 1 5    E    1 9 0 1**

**NOME FILE**

*T00-CV03-STR-RE04*

**CODICE ELAB.**

**T 0 0 C V 0 3 S T R R E 0 4**

**REVISIONE**

**A**

**SCALA:**

-

<b>A</b>	Emissione	28/02/2020	M. Botta	E.Bartolucci	N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. OPERE OGGETTO DELLA RELAZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>4. ESCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI.... ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>	
<b>5. MATERIALI IMPIEGATI – SISTEMA MACRES.....</b>	<b>6</b>
5.1 RINFORZI POLIMERICI DEL TERRENO.....	6
5.2 PANNELLI IN CALCESTRUZZO ARMATO O NON ARMATO.....	6
5.3 CORDOLO DI LIVELLAMENTO NON ARMATO.....	6
5.4 REQUISITI RICHIESTI PER IL RILEVATO STRUTTURALE.....	6
<b>6. ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE</b>	<b>8</b>
6.1 STESA DEL MATERIALE.....	8
6.2 COMPATTAZIONE.....	8
6.3 CONDIZIONI CLIMATICHE .....	9
6.4 RILEVATI DI PROVA .....	9
6.5 PROVE DI CONTROLLO .....	9
<b>7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>11</b>
<b>8. CONDIZIONI DI CARICO VERIFICATE .....</b>	<b>12</b>
<b>9. COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI .....</b>	<b>14</b>
<b>10. IPOTESI DI CALCOLO .....</b>	<b>15</b>
10.1 RINFORZI.....	16
<b>11. METODO DI CALCOLO.....</b>	<b>17</b>
11.1 MACRES 2.03 BETA .....	17
11.2 SPINTA DELLE TERRE.....	17
11.3 STABILITÀ ESTERNA .....	18
11.3.1 Stabilità esterna - Punzonamento.....	18
11.3.2 Stabilità esterna – Slittamento e Ribaltamento.....	19
11.4 STABILITÀ INTERNA.....	20

11.4.1	Stabilità interna – Rottura dei rinforzi (fattori di sovradimensionamento) .....	20
<b>11.5</b>	<b>SLITTAMENTO DEI RINFORZI (FATTORI DI SOVRADIMENSIONAMENTO).....</b>	<b>21</b>
<b>11.6</b>	<b>MACSTARS W RELEASE 4.0.....</b>	<b>22</b>
<b>12.</b>	<b>SEZIONI OGGETTO DI VERIFICA .....</b>	<b>23</b>
<b>13.</b>	<b>ESITO DELLE VERIFICHE .....</b>	<b>24</b>
<b>13.1</b>	<b>COEFFICIENTI DI SOVRADIMENSIONAMENTO – VALORI MINIMI OTTENUTI .....</b>	<b>24</b>
<b>13.2</b>	<b>ESCLUSIONI.....</b> ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
<b>14.</b>	<b>TABULATI DI CALCOLO .....</b>	<b>25</b>

## 1.PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell’ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione esecutiva dell’ampliamento da 2 a 4 corsie dell’Itinerario internazionale E78 S.G.C. Grosseto – Fano, Lotto 9.

Oggetto della presente relazione sono le analisi e le verifiche strutturali delle opere di sostegno in terra rinforzata a paramento verticale in pannelli in calcestruzzo.

Il principio di funzionamento si basa sull’attrito tra i rinforzi lineari, ed il rilevato di riempimento. Risulta quindi fattore importante per il dimensionamento, il materiale di riempimento del massiccio in terra armata e le sue caratteristiche fisiche (angolo di attrito, coesione e peso specifico).

La lunghezza, la sezione ed il numero dei rinforzi nel rilevato vengono calcolati in funzione della spinta dei terreni e dei sovraccarichi eventualmente presenti sul massiccio e a monte dello stesso: i rinforzi infatti sono dimensionati in base agli sforzi di trazione trasmessi loro dal terreno per effetto dell’aderenza.

La relazione è composta di due sezioni:

- La prima illustra le ipotesi di calcolo con riferimento sia alla stabilità esterna che al dimensionamento interno;
- La seconda comprende l’output del calcolatore con le verifiche del numero e della lunghezza dei rinforzi per le sezioni più significative.

Le strutture sono progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

## 2. OPERE OGGETTO DELLA RELAZIONE

La presente relazione riguarda il dimensionamento interno ed esterno per la realizzazione di muri di sostegno con Sistema Macres nell’ambito del progetto esecutivo relativo “E78 S.G.C. Grosseto-Fano. Adeguamento a 4 corsie del tratto Grosseto-Siena (S.S. 223 “di Paganico”) dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9” .

Più in dettaglio, oggetto della relazione sono le seguenti opere di approccio a cavalcavia CV03:

- Struttura 1 – Muro di altezza superiore a 12 m bifacciale;
- Struttura 2 – Muro di altezza superiore a 11 m bifacciale.
- Struttura 3 – Muro di altezza superiore a 12 m frontale.

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato redatto sulla base delle seguenti normative e standard progettuali:

- Decreto Ministeriale del 17/01/2018 - “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018.
- Eurocodice 7 - “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”, Aprile 1997.
- Eurocodice 8 - “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture”, Ottobre 1997.
- Eurocodice 8 - “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, Febbraio 1998.
- NF P 94-270 - “Ouvrages de soutènement: remblais renforcés et massifs en sol cloué”
- BS 8006:2016 - “Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills”
- UNI EN 14475 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata
- UNI 10006 - Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre
- 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
- UNI EN 13285 - Miscele non legate - Specifiche
- UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione.

## 4. MATERIALI IMPIEGATI

Nella stesura della presente relazione è stato previsto l'impiego dei seguenti materiali:

### 4.1 Rinforzi polimerici del terreno

In filamenti di poliestere ad alta resistenza racchiusi in una guaina in polietilene.

Caratteristiche geometriche e meccaniche:

	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Resistenza a rottura UTS (kN)	Allungamento a UTS (%)
<b>MD 45</b>	48	3.3	45.2	9.5

### 4.2 Pannelli in calcestruzzo armato o non armato

Pannelli con marchiatura CE secondo quanto previsto nell'Allegato ZA della norma EN15258:08.

Calcestruzzo tipo C32/40, classe di esposizione XF1 con resistenza caratteristica a compressione cubica  $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ .

Armatura pannelli in calcestruzzo armato (ove presente) in acciaio tipo B450C.

### 4.3 Cordolo di livellamento non armato

Calcestruzzo tipo  $R_{ck} 15$  con resistenza caratteristica a compressione cubica  $R_{ck} > 15 \text{ N/mm}^2$ .

### 4.4 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 250mm.

Il materiale con dimensioni superiori a 100 mm è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale.

In ogni caso dovranno essere rispettate le seguenti condizioni:

- a) Il materiale da rilevato sarà idoneo quando la percentuale passante al setaccio da 75 micron (0,075 mm.), secondo l'analisi granulometrica, è inferiore del 15%.
- b) Qualora non fosse verificata la precedente condizione a), il materiale da rilevato sarà comunque considerato idoneo quando:
  - la percentuale del campione esaminato per sedimentazione passante al vaglio di 15 micron (0,015 mm.), è inferiore al 10%;
  - la percentuale sulle prove realizzate per sedimentazione rimane compresa tra il 10% e 20% e l'angolo di attrito interno, misurato con prove di taglio su campioni saturi, è superiore a 25°.

In ogni caso saranno esclusi elementi di diametro maggiore o uguale a 250mm, e i materiali che, da prove opportune, presentino angoli d'attrito minori di quelli previsti in progetto.

Il peso di volume del terreno di riempimento, in opera compattato, dovrà essere superiore a quanto indicato nella presente relazione al capitolo “ipotesi di calcolo”. Tale materiale dovrà essere compattato fino a raggiungere il 95% della densità secca AASHTO (ASTM D1557).

Il valore di attività degli ioni (pH) misurato sull'acqua del campione di terra saturato, dovrà essere compreso tra 5 e 10.

Il contenuto in cloruri e solfati dovrà essere determinato soltanto per quei materiali la cui resistività sia compresa tra i 1.000 e i 5.000 Ohm cm. e in questo caso non dovrà eccedere i seguenti valori:

	<b>Opere a secco</b>	<b>Opere in acqua dolce</b>	<b>Metodo di Prova di Riferimento</b>
<b>[Cl-]</b>	200 mg/kg	100 mg/kg	UNI EN 1744-1
<b>[SO4==]</b>	200 mg/l	100 mg/l	EN 196-2
<b>[NH4+]</b>	15 mg/l	15 mg/l	ISO 7150-1 o 7150-2
<b>[Mg++]</b>	300 mg/l	300 mg/l	ISO 7980

Per la determinazione dell'idoneità del materiale da porre in opera nella porzione rinforzata del rilevato si effettueranno preventivamente le seguenti prove:

- analisi granulometrica con relativa classificazione CNR-UNI 10006;
- 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 Proctor per la determinazione del grado di umidità ottimale - AASHTO mod. T180.
- prova di compattazione AASHTO;
- Determinazione del valore della resistività e del pH per ogni campione della stessa provenienza.

Materiali non conformi alle specifiche potranno essere usati solo su autorizzazione scritta del progettista ed approvate dalla DD.LL.

## 5.ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE

Il materiale verrà posto in opera per strati di altezza pari a circa 375 mm.

La posa del rilevato seguirà immediatamente il montaggio di ciascuna fila di pannelli; in corrispondenza di ogni strato di rinforzo il materiale sarà steso e compattato prima della posa e del fissaggio delle stesse.

### 5.1 Stesa del materiale

La stesa del materiale dovrà essere eseguita sistematicamente per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte ad evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavoro, e ad opera ultimata, si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 4%, perpendicolare al paramento e a scendere verso la coda dei rinforzi.

Lo spessore del materiale sciolto di ogni singolo strato di rilevato non dovrà risultare superiore a 40 cm. La stesa avverrà sempre parallelamente al paramento esterno.

### 5.2 Compattazione

Il grado di compattazione sarà  $\geq 95\%$  del valore fornito dalla prova AASHTO mod. T 180. La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ( $\pm 1,5\%$  ca.) a quello ottimale determinato mediante la prova AASHTO mod. T 180.

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione. Se inferiore l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme dell'acqua entro l'intero spessore dello strato.

Tipo, caratteristiche e numero dei mezzi di compattazione, e anche le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza), dovranno essere tali da garantire le caratteristiche del rilevato Strutturale di cui al capitolo 5.

La compattazione a tergo del paramento dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento.

In particolare, si dovrà evitare che grossi rulli vibranti operino entro una distanza  $\leq 1,5$  m dai paramenti della terra armata.

A questa distanza si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, piccoli rulli vibranti, badando a garantire i valori di densità richiesti, operando, se necessario, su strati di spessore ridotto.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta sul terreno già steso, si dovrà provvedere al ripristino delle zone danneggiate.

### 5.3 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.

### 5.4 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.

### 5.5 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 minima e potrà essere aumentata, in considerazione della maggiore o minore omogeneità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative in relazione alle caratteristiche dei terreni utilizzati.

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.

FREQUENZA MINIMA DELLE PROVE

RILEVATI RINFORZATI DA RINFORZI LINEARI

Tipo di Prova	PRIMI 5000 mc Ripetere la prova ogni (m3)	SUCCESSIVI mc Ripetere la prova ogni (m3)
Classif. CNR - UNI 10006	2000	5000
pH	2000 <sup>a</sup>	5000
Contenuto in cloruri e solfati per valori di resistività tra 1000/5000 Ohm.cm	5000 <sup>a</sup>	5000
Costip. AASHTO Mod. CNR	2000	5000
Densità in sito CNR 22	250	1000
Carico su piastra CNR 9 - 70317	1000	5000

Tipo di Prova	PRIMI 5000 mc Ripetere la prova ogni (m3)	SUCCESSIVI mc Ripetere la prova ogni (m3)
Controllo umidità	*	*

NOTE:

a – Prove da effettuare solo nel caso di utilizzo di rinforzi in acciaio

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

## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si riportano di seguito i parametri di resistenza e deformabilità dei terreni attraversati in accordo con la caratterizzazione geotecnica.

Unità geotecniche		Unità geologiche		g	c'	$\varphi'$	z	c <sub>u</sub>	E'	OCR
				[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[m da p.c.]	[kPa]	[MPa]	[-]
A	Sabbia e ghiaia	at, at2, at3	alluvioni fluviali terrazzate recenti e antiche	19.5	10÷20	25÷27	0÷2	-	5÷20	-
							>2		25÷50	
B	Argilliti	Pb	Argille a Palombini	20	10÷25	28÷30	0÷20	150÷250	50÷120	3÷5
							>20	100÷200	100÷220	1.5÷3
C	Calcare/Ghiaia	CV	Calcare Cavernoso	21	10÷15	34÷35	0÷10	-	40÷80	-
							>10		60÷120	
D	Breccia/Ghiaia	CM	Brecce di Grotti	19	0	35÷37	0÷20	-	50÷100	-
							>20		100÷200	
E	Argille/Limi	dl, Pa, Ps	Depositi lacustri, argille e sabbie plioceniche	19.5	10÷30	23÷25	0÷20	100÷200	40÷80	3÷5
							>20		80÷120	1.5÷3

Tabella 1: Caratterizzazione geotecnica

La falda non è presente nel tratto interessato dall'opera e pertanto non verrà considerata ai fini del dimensionamento.

## 7.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 Capacità Portante 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 sia nel caso di Rottura dei Rinforzi che di Sfilamento dei Rinforzi 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.

Inoltre, al fine di considerare le disposizioni di carico più dannose, sono state considerate le seguenti *Condizioni di Carico* (in accordo con la normativa BS8006:2016):

**Condizione di carico A:** (caso A) Vengono considerati sfavorevoli tutti i carichi  $G_w$  (applicazione del valore massimo di progetto),  $G_p$ ,  $Q_w$  e  $Q_p$ .

Tale condizione risulta dimensionante ai fini della Verifica Esterna per la valutazione dei carichi massimi in fondazione e per la Verifica Interna alla rottura dei rinforzi.

**Condizione di carico B:** (caso B) Vengono considerati favorevoli il peso proprio della struttura  $G_w$  (applicazione del Valore minimo di Progetto) ed i carichi Variabili applicati al di sopra della struttura stessa  $Q_w$ . Vengono considerati sfavorevoli i carichi permanenti a tergo della struttura (spinta del terreno)  $G_p$  ed il corrispondente effetto dei carichi variabili che non gravano sulla struttura ma che sono a tergo della stessa  $Q_p$ .

Tale condizione risulta dimensionante ai fini della Verifica Esterna a Scorrimento.

**Condizione di carico C:** (caso C) Vengono considerati pari all'unità i coefficienti parziali dei carichi Permanenti  $G_w$ ,  $G_p$  e considera nulli i coefficienti parziali dei carichi Variabili  $Q_w$  e  $Q_p$ .

Tale condizione risulta dimensionante nell'analisi dei Cedimenti in fondazione a Lungo termine.

In favore di sicurezza e data la non prevedibilità del grado di compattazione effettivamente raggiunto in opera, si impone inoltre una variabilità di + o - il 10% al valore della densità del massiccio, assumendo il valore minimo nelle condizioni di carico in cui tale valore sia favorevole alla stabilità, ed il valore massimo nelle condizioni in cui tale valore sia sfavorevole.

**Condizioni di carico sismiche 1s e 2s:** (Caso 1s e Caso 2s) Le verifiche sismiche sono condotte secondo le stesse condizioni di carico A (1s) e B (2s) ed imponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni.

## 8. COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI

Il progetto strutturale e geotecnico delle opere in esame sarà condotto in conformità alle indicazioni del D.M. 17/01/2018 (rif. Cap. 6 e Cap. 7).

Nell'ambito delle verifiche allo Stato Limite Ultimo si sono adottati i seguenti coefficienti parziali:

Coefficients PARZIALI DEI PARAMETRI DI RESISTENZA $\gamma_R$				
$R_d = R_k / \gamma_R$	R2	R2(*)	R3	R3(*)
Stabilità	1,10	1,20	1,00	1,20
Scorrimento - Slittamento per attrito	1,00	1,00	1,10	1,00
Ribaltamento	1,00	1,00	1,15	1,00
Capacità portante della Fondazione - Punzonamento	1,00	1,00	1,40	1,20

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

Coefficients PARZIALI DELLE AZIONI $\gamma_F$					
		A1	A1(*)	A2	A2(*)
<b>PERMANENTI:</b> (Pesi, spinte geostatiche del terreno; sovraccarichi permanenti)  ( $\gamma_{G1}$ )	Favorevole	1,00	1,00	1,00	1,00
	Sfavorevole	1,30	1,00	1,00	1,00
<b>VARIABILI:</b> (sovraccarichi variabili; sisma; spinte relative indotte)  ( $\gamma_{G1}$ )	Favorevole	0,00	1,00	0,00	1,00
	Sfavorevole	1,50	1,00	1,30	1,00

(Rif. D.M. 17/01/2018 Tab. 6.2.I, Tab. 6.2.II, Par. 7.11.6.2.2 e Par. 7.11.4)

Nota:

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

(\*) condizioni sismiche: nel caso di verifiche sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici vengono posti pari all'unità (Rif. 7.11.6.2.2 del D.M. 17/01/2018).

## 9. IPOTESI DI CALCOLO

- Comune di costruzione o coordinate topografiche: Monticiano
- Vita nominale dell'opera -  $V_N$  (Rif. D.M. 17/01/2018 tab 2.4.I) 100 anni
- Coefficiente d'uso -  $C_U$  (Rif. D.M. 17/01/2018 tab 2.4.II) Classe IV
- Categoria del Sottosuolo (Rif. D.M. 17/01/2018 tab. 3.2.II e tab. 3.2.IV) C
- Categoria Topografica (Rif. D.M. 17/01/2018 Tab. 3.2.III e Tab. 3.2.V) T1

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:  $a_g/g = 0,210$

Coefficiente di sottosuolo:  $S = S_s \times S_t = 1,38$

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

Coefficiente sismico orizzontale  $k_h$ :  $= S \times a_g/g \times \beta_m = 1,384 \times 0,210 \times 0,38 = 0,11$

Coefficiente sismico verticale  $k_v$ :  $= k_h / 2 = \pm 0,055$

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>Terreno in sito</b>	$\gamma_1 = 19.5 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_1 = 23^\circ$	$c'_1 = 10 \text{ kPa}$
	<b>Fondazione</b>	$\gamma_2 = 19.5 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_2 = 23^\circ$	$c'_2 = 10 \text{ kPa}$
	<b>Rilevato</b>	$\gamma_3 = 20.0 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_3 = 35^\circ$	$c'_3 = 0 \text{ kPa}$
<b>CARICHI ACCIDENTALI ESTERNI</b>	<b>Dinamico</b>	20 kPa (4 kPa in condizioni sismiche)		
	<b>Sismico</b>	$K_h = 0,110$ $K_v = 0,055$		

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 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.

## 9.1 Rinforzi

Nella verifica interna a rottura dei rinforzi il calcolo viene eseguito considerando uno spessore ridotto rispetto a quello iniziale per tener conto della corrosione nel tempo. Tale riduzione, detta “spessore di sacrificio dei rinforzi”, è fissata dalla AFNOR NF-P 94-270 in funzione della tipologia di opera e della vita di servizio; la resistenza a trazione di ciascun rinforzo ne viene proporzionalmente ridotta.

## 10. METODO DI CALCOLO

Per le verifiche ed i dimensionamenti delle strutture sono stati utilizzati programmi di calcolo sviluppati da Officine Maccaferri S.p.A. quali MacRes 2.03 Beta e MacStARS W Release 4.0.

### 10.1 MACRES 2.03 BETA

MACRES 2.0 è un foglio di calcolo impiegato per il dimensionamento dei muri in terra armata a paramento verticale. Di seguito viene esposto sinteticamente il metodo di calcolo richiamando le formule matematiche principali che il programma di calcolo utilizza.

Gli output di calcolo relativi alle sezioni trasversali esaminate dell'opera in oggetto sono riportati nel capitolo dei tabulati di calcolo.

#### Caratteristiche dei terreni:

TERRENO DI FONDAZIONE (terreno 1): Sono indicati la densità massima e minima ( $\gamma_1$ ), l'angolo di attrito interno ( $\phi_1$ ) e la coesione ( $C_1$ ).

TERRENO RILEVATO BACKFILL (terreno 2): Sono indicati la densità massima e minima ( $\gamma_2$ ), l'angolo di attrito interno ( $\phi_2$ ) e la coesione ( $C_2$ ).

TERRENO RILEVATO (terreno 3): Sono indicati la densità massima e minima ( $\gamma_3$ ), l'angolo di attrito interno ( $\phi_3$ ) e la coesione ( $C_3$ ).

### 10.2 Spinta delle terre

Il diagramma della spinta delle terre applicata a tergo del muro dipende dalla geometria del terrapieno sovrastante e dal sovraccarico.

La spinta delle terre è inclinata sull'orizzontale di un angolo  $\delta$ , definita nella Norma AFNOR NF-P 94-270 secondo la seguente formula:

$$\delta = 0.8(1 - 0.7 \frac{L'}{H})\Phi_1 + [\beta_e - 0.8(1 - 0.7 \frac{L'}{H})\Phi_1] \sqrt{\frac{X}{H}} \quad [2]$$

in cui:

$$L' = \frac{S}{H} = \frac{W}{\gamma_1 H} \quad [3];$$

$$\beta_e = \frac{3\beta + \Phi_2}{4} \quad [4]$$

$$X = \frac{K_{2y}}{K_{2x} - K_{2y}} D \tan \beta \quad [5]$$

I coefficienti di spinta in condizioni statiche,  $K_{2x}$  e  $K_{2y}$ , sono anch'essi computati secondo quanto prescritto dalle Norma AFNOR NF-P 94-270.

$$K_{2x} = \frac{(\cos^2 \Phi_2 / \cos \delta)}{[1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi_2 + \delta) \sin(\Phi_2 - \beta)}{\cos \delta \cos \beta}}]^2} \quad K_{2y} = \frac{(\cos^2 \Phi_2 / \cos \delta)}{[1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi_2 + \delta) \sin(\Phi_2 - \omega)}{\cos \delta \cos \omega}}]^2} \quad [6] \quad [7]$$

La spinta dovuta al terrapieno è calcolata come:

$$P = \frac{1}{2} K_{2x} \gamma_2 X^2 + K_{2x} \gamma_2 XY + \frac{1}{2} K_{2y} \gamma_2 Y^2 \quad [8]$$

Nel caso di calcolo in zona sismica, due ulteriori coefficienti di spinta in condizioni dinamiche,  $K_{aex}$  e  $K_{aey}$ , compaiono nei calcoli. Tali coefficienti sono calcolati seguendo le formule proposte da Mononobe-Okabe:

$$K_{aex} = \left[ \frac{(\cos \Phi_2 - \zeta)}{\cos \zeta [1 + \sqrt{\frac{\sin \Phi_2 \sin(\Phi_2 - \zeta - \beta)}{\cos \zeta \cos \beta}}]} \right]^2 \quad [9]$$

$$K_{aey} = \left[ \frac{(\cos \Phi_2 - \zeta)}{\cos \zeta [1 + \sqrt{\frac{\sin \Phi_2 \sin(\Phi_2 - \zeta - \omega)}{\cos \zeta \cos \omega}}]} \right]^2 \quad [10]$$

in cui  $\zeta = \arctan(0.5 \times a_c/g)$  (per  $\zeta=0 \rightarrow K_{aex} = K_{0x}$  e  $K_{aey} = K_{0y}$ )

Le azioni sismiche dinamiche (o pseudo dinamiche) dovute al terrapieno sono dunque:

- incremento dinamico della spinta dovuta al terrapieno  $E_{ae}$ ;
- Sforzi d'inerzia globale  $E_i = E_{im}$  (massiccio) +  $E_{ir}$  (terreno sopra il massiccio);
- Variazioni dinamiche dei pesi propri  $dW = dW_m$  (massiccio) +  $dW_r$  (terreno sopra il massiccio).

Ad ognuna delle combinazioni di carico studiate nel caso sismico corrispondono due sottocasi:

- +dW: accelerazione verticale diretta verso il basso
- dW: accelerazione verticale diretta verso l'alto.

### 10.3 Stabilità esterna

I calcoli sono eseguiti sulla larghezza di 1 metro.

#### 10.3.1 Stabilità esterna - Punzonamento

Per ogni combinazione di carico considerata, il programma calcola:

- $R_v$  ed  $R_h$ , Risultanti delle forze verticali ed orizzontali (in kN/m),

- $M_s$  ed  $M_r$ , Momento stabilizzante e momento ribaltante (in kNm/m),
- $q_{ref}$ , Pressione di riferimento di Meyerhof esercitata sulla base (in kPa),
- $2x$ , larghezza su cui si applica la pressione pari a due volte l'eccentricità.

La verifica a punzonamento è soddisfatta se:

$$q_{ref} \leq \frac{q_{fu}}{\gamma_{mq}}$$

in cui  $q_{fu}$  è il valore della pressione limite ultima che tiene conto delle caratteristiche del terreno di fondazione e dell'inclinazione della risultante delle forze, la cui tangente ha il valore  $R_h/R_v$ .

Viene inoltre eseguita la verifica sulla condizione di interrimento minimo della fondazione che confronta l'interrimento reale previsto dal progetto con quanto richiesto dalla normativa AFNOR NF-P 94-270 ed indica se tale verifica è soddisfatta.

### 10.3.2 Stabilità esterna – Slittamento e Ribaltamento

Per ogni combinazione di carico considerata (la combinazione 3 non viene considerata poiché viene utilizzata solo per la valutazione dei cedimenti), il programma calcola il Fattore di sovradimensionamento nei confronti dello slittamento sul piano di fondazione,  $\Gamma$ , dato da:

$$\Gamma = \frac{R_v \times \frac{\tan \phi}{\gamma_{m\phi}} + \frac{c}{\gamma_{mc}} \times L}{R_h}$$

in cui  $\phi$  e  $c$  sono alternativamente l'angolo di attrito interno e la coesione del materiale costituente il massiccio in terra rinforzata (per garantirsi contro lo slittamento all'interno della struttura) o del terreno costituente la fondazione (per garantirsi contro lo slittamento all'interno di quest'ultimo). I valori riportati nel tabulato sono già divisi per il fattore di sicurezza  $\gamma_R$ .

Il programma calcola anche per ogni combinazione di carico considerata, i valori minimi dell'angolo di attrito interno e della coesione al contatto tra terreno costituente la fondazione e massiccio in Terra Armata (entrambi considerati o puramente attritivi o puramente coesivi).

Il Fattore di sovradimensionamento nei confronti del ribaltamento, viene dato poiché garantisce comunque che le deformazioni saranno limitate. I valori riportati nel tabulato sono già divisi per l'opportuno fattore di sicurezza  $\gamma_R$  ovvero è sufficiente che siano uguali a 1 perché la sicurezza al ribaltamento sia verificata con un fattore di sicurezza pari al fattore di sicurezza utilizzato.

## 10.4 Stabilità interna

A pagina 4 e 5 del tabulato sono riportate informazioni e dati relativi alle verifiche della tensione e dell'aderenza delle armature (stabilità interna) nella sezione. La larghezza di calcolo dipende dalla tipologia del paramento.

### 10.4.1 Stabilità interna – Rottura dei rinforzi (fattori di sovradimensionamento)

Il programma, per ogni livello di rinforzo e per ogni condizione di carico, calcola la tensione massima  $T_{max}$  agente, e la tensione all'attacco tra rinforzo e paramento  $T_o$ , ottenuta come percentuale di  $T_{max}$  in funzione della flessibilità del paramento stesso, e le confronta con le trazioni che provocano, nelle stesse sezioni, la rottura del rinforzo, ottenendo i fattori di sovradimensionamento dei rinforzi nei confronti della rottura.

La tabella presenta i risultati del calcolo. Le relative colonne danno, per ogni livello di rinforzo:

Colonna 1: il numero di riferimento del livello di rinforzo considerato.

Colonna 2: la combinazione di carico considerata.

Colonna 3: la sua profondità  $z$  (in m) rispetto alla sommità del muro.

Colonna 4: la lunghezza dei rinforzi al livello considerato.

Colonna 5:  $s_v$ , la distanza verticale tra livelli di rinforzi adiacenti.

Colonna 6: il valore di  $k$ , coefficiente di spinta, calcolato secondo il seguente diagramma (Annex E Paragrafo E.2.3.3 della Norma AFNOR NF-P 94-270)

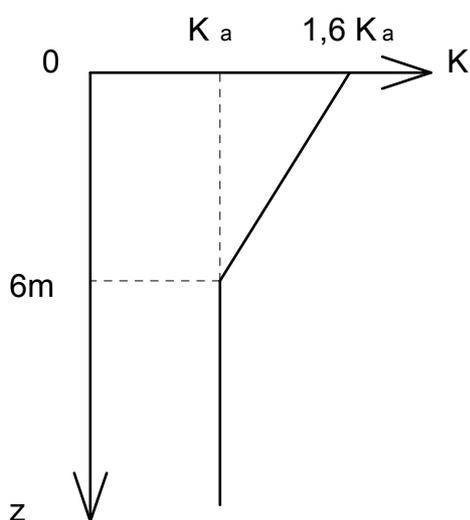


Fig. 1

Colonna 7: il tipo di rinforzo.

Colonna 8:  $N^\circ$ , il numero di rinforzi presenti al livello considerato, nella larghezza di calcolo.

Poi, per ogni strato e per ogni condizione di carico si hanno:

Colonna 9:  $\sigma_{vi}$ , la tensione verticale.

Colonna 10:  $\sigma_{hi}$ , la tensione orizzontale  $\sigma_{hi} = K_{\sigma v}$  in cui:

$K$  è dato in Colonna 4, e  $\sigma_v$  è la tensione verticale alla profondità del livello considerato dovuta ai pesi sovrastanti ed al momento ribaltante, calcolata secondo Meyerhof.

Colonna 11:  $T_{max}$  (in kN), valore della trazione massima in un rinforzo dello strato.

Colonna 12:  $T_o$  (in kN), valore della trazione all'attacco con il pannello in un rinforzo dello strato.

Colonna 13:  $T_r/T_m$ , valore del rapporto tra la trazione di rottura  $T_r$  nella sez. corrente del rinforzo, già divisa per il fattore di sicurezza minimo  $\gamma_{mt}$ , e  $T_m = T_{max}$ . I valori riportati dal tabulato sono quindi già divisi per  $\gamma_{mt}$ , ovvero è sufficiente che essi siano uguali a 1 perchè la sicurezza alla rottura sia verificata con un fattore di sicurezza pari a  $\gamma_{mt}$ .

Colonna 14:  $T_{ro}/T_o$ , valore del rapporto tra la trazione di rottura  $T_{ro}$  nella sez. all'attacco del rinforzo, divisa per il fattore di sicurezza minimo  $\gamma_{mt}$ , e  $T_o$ . I valori riportati dal tabulato sono quindi già divisi per  $\gamma_{mt}$ , ovvero è sufficiente che essi siano uguali a 1 perchè la sicurezza alla rottura sia verificata con un fattore di sicurezza pari a  $\gamma_{mt}$ .

### 10.5 Slittamento dei rinforzi (fattori di sovradimensionamento)

Il programma, per ogni livello di rinforzi e per ogni condizione di carico, calcola la tensione massima  $T_{max}$  agente, e la resistenza massima  $T_r$  che l'attrito tra rinforzo e terreno circostante può mobilitare, e le confronta tra di loro.

La tabella presenta i risultati del calcolo. Le successive colonne danno, per ogni livello di rinforzo:

Colonna 1: il numero di riferimento del livello di rinforzo considerato.

Colonna 2: la combinazione di carico considerata.

Colonna 3: la sua profondità  $z$  (in m) rispetto alla testa del muro.

Colonna 4: la lunghezza dei rinforzi al livello considerato.

Colonna 5:  $L_a$  (in m), lunghezza di aderenza.

Colonna 6:  $\mu^*$ , coefficiente di attrito apparente tra terreno e armature.

Colonna 7: la profondità  $H_a$  (in m), rispetto alla testa del muro, degli strati di rinforzo

Colonna 8: tipo di rinforzo (determina il valore di  $f^*$ ).

Colonna 9: numero di rinforzi nella larghezza di calcolo, per lo strato considerato.

Poi, per ogni strato e per ogni condizione di carico si hanno:

Colonna 11:  $T_{max}$  (in kN), valore della trazione massima in un rinforzo dello strato.

Colonna 13:  $T_r$  (in kN), valore della resistenza d'attrito per un rinforzo dello strato, divisa per il fattore di sicurezza minimo  $\gamma_{mf}$ . Nel calcolo di  $T_r$  la sezione è inoltre già stata ridotta degli spessori sacrificati alla corrosione.

Colonna 14:  $T_f/T_m$ , valore del rapporto tra la resistenza d'attrito  $T_f$  nel rinforzo, e  $T_{max}$ . I valori riportati dal tabulato sono quindi già divisi per  $\gamma_{mf}$ , ovvero è sufficiente che siano uguali a 1 perchè la sicurezza alla rottura sia verificata con un fattore di sicurezza pari a  $\gamma_{mf}$ .

### 10.6 MACSTARS W RELEASE 4.0

Le analisi di stabilità globale sono condotte utilizzando il programma MacStARS W 4.0 sviluppato da Officine Maccaferri S.p.A. che utilizza il modello di analisi di stabilità su superfici circolari di Bishop.

## 11. 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:

a) Muro bif - H = 11,10m	$H_{\text{muro}} = 11,05 \text{ m}$	$H_{\text{rilevato}} = 11,11 \text{ m}$
b) Muro bif - H = 12,40m	$H_{\text{muro}} = 12,36 \text{ m}$	$H_{\text{rilevato}} = 12,40 \text{ m}$
c) Muro front - H = 12,40m	$H_{\text{muro}} = 12,36 \text{ m}$	$H_{\text{rilevato}} = 12,40 \text{ m}$

## 12. ESITO DELLE VERIFICHE

### 12.1 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, per ciascuna sezione analizzata, sono riportati in dettaglio nei tabulati di calcolo allegati.

Sezione	Coefficienti Minimi di Sovradimensionamento (+kv)					
	Stabilità Esterna				Stabilità Interna	
	Globale	Scorrimento	Ribalta m.	Capacità Portante	Rottura	Sfilamen.
Muro bif - H = 11,10m	2.25	--	17.90	2.28	1.06	--
Muro bif - H = 12,40m	2.45	--	16.31	2.05	1.09	--
Muro front - H = 12,40m	1.05	1.30	2.03	1.22	1.71	1.95
<b>Condizione da soddisfare</b>	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$

## 13.TABULATI DI CALCOLO

## 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

OMI

Proposta...:

Sezione...:

Località...:

Pratica...:

File.....: BIF\_11\_1\_globale

Data.....: 14/02/2020

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

### SOMMARIO

<b>CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI.....</b>	<b>28</b>
<b>PROFILI STRATIGRAFICI .....</b>	<b>28</b>
<b>BLOCCHI RINFORZATI .....</b>	<b>29</b>
<b>BLOCCO : MACRES.....</b>	<b>29</b>
<b>BLOCCO : MACRES1.....</b>	<b>29</b>
<b>BLOCCO : MACRES2.....</b>	<b>30</b>

<b>CARICHI</b> .....	<b>30</b>
<b>PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI</b> .....	<b>31</b>
<b>VERIFICHE</b> .....	<b>33</b>
<b>VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE :</b> .....	<b>33</b>
<b>VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE :</b> .....	<b>36</b>

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

**Terreno : A1**                      Descrizione :

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.....[°].....: 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>].....: 19.50

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

**Terreno : RILEVATO**                      Descrizione : rilevato

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.....[°].....: 35.00

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: PC**                      Descrizione:

Terreno : A1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	50.00	0.00				

### BLOCCHI RINFORZATI

#### Blocco : MACRES

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 10.00 Altezza..... = 1.50  
Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 15.00 Ordinata..... = -0.30  
Inclinazione paramento.....[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
Rilevato strutturale.....: RILEVATO  
Terreno di riempimento a tergo.....: RILEVATO  
Terreno di copertura.....: RILEVATO  
Terreno di fondazione.....: RILEVATO

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 :

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_8conn/3m  
Lunghezza.....[m]..... = 10.00  
Muro Segmentato.....[m].....: Altezza..... = 0.75 Larghezza.. = 0.14  
Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°]..... = 0.00

#### Blocco : MACRES1

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 9.90 Altezza..... = 4.50  
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da MACRES  
Inclinazione paramento.....[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
Rilevato strutturale.....: RILEVATO  
Terreno di riempimento a tergo.....: RILEVATO  
Terreno di copertura.....: RILEVATO  
Terreno di fondazione.....: RILEVATO

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 :

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_6conn/3m

Lunghezza.....[m].....= 9.90

Muro Segmentato.....[m].....: Altezza.....= 0.75      Larghezza...= 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°].....= 0.00

**Blocco : MACRES2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 9.80      Altezza.....= 5.25

Arretramento.....[m].....= 0.00 da MACRES1

Inclinazione paramento.....[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia

Rilevato strutturale.....: RILEVATO

Terreno di riempimento a tergo.....: RILEVATO

Terreno di copertura.....: RILEVATO

Terreno di fondazione.....: RILEVATO

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 :**

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_4conn/3m

Lunghezza.....[m].....= 9.80

Muro Segmentato.....[m].....: Altezza.....= 0.75      Larghezza...= 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°].....= 0.00

**CARICHI**

**Pressione : CS**      Descrizione :

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>]...= 20.00      Inclinazione.....[°]...= 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 16.00 To = 24.00

**Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>]: Orizzontale...= 1.08      Verticale.....= 0.54

### PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_4conn/3m

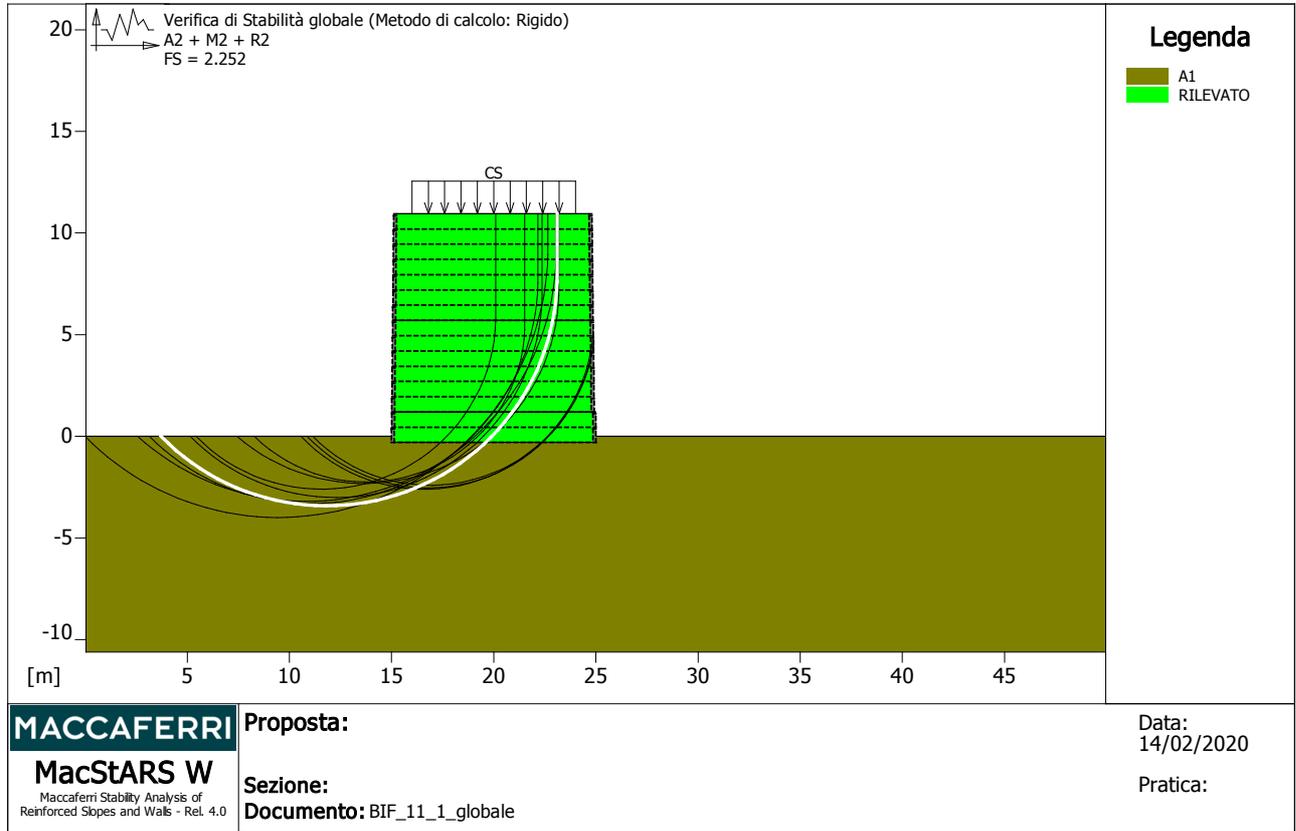
Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m]	:	120.59
Rapporto di Scorrimento plastico .....		:	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico .....	[m <sup>3</sup> /kN]	:	1.10e-04
Rigidezza estensionale .....	[kN/m]	:	377.00
Lunghezza minima di ancoraggio .....	[m]	:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo .....		:	0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia .....		:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia .....		:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo .....		:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla .....		:	0.70

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_6conn/3m

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m]	:	180.88
Rapporto di Scorrimento plastico .....		:	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico .....	[m <sup>3</sup> /kN]	:	1.10e-04
Rigidezza estensionale .....	[kN/m]	:	377.00
Lunghezza minima di ancoraggio .....	[m]	:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo .....		:	0.16

Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.70
Linear Composites - ParaWeb - 45 MD_8conn/3m		
Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m]	241.18
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m]	377.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo	:	0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.70

**VERIFICHE**



**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..... : 2.252

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	14.00	16.00	23.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza..... :		50	
Numero totale superfici di prova..... :		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m]..... :		0.50	
Angolo limite orario..... [°]..... :		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°]..... :		0.00	

Blocco : MACRES

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_8conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	241.2	371.1	144.4	1.67	2.57
0.750	241.2	403.9	144.4	1.67	2.80

Blocco : MACRES1

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_6conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	180.9	421.8	108.3	1.67	3.89
0.750	180.9	426.8	108.3	1.67	3.94
1.500	180.9	421.6	108.3	1.67	3.89
2.250	180.9	408.2	108.3	1.67	3.77
3.000	180.9	347.5	108.3	1.67	3.21
3.750	180.9	280.5	108.3	1.67	2.59

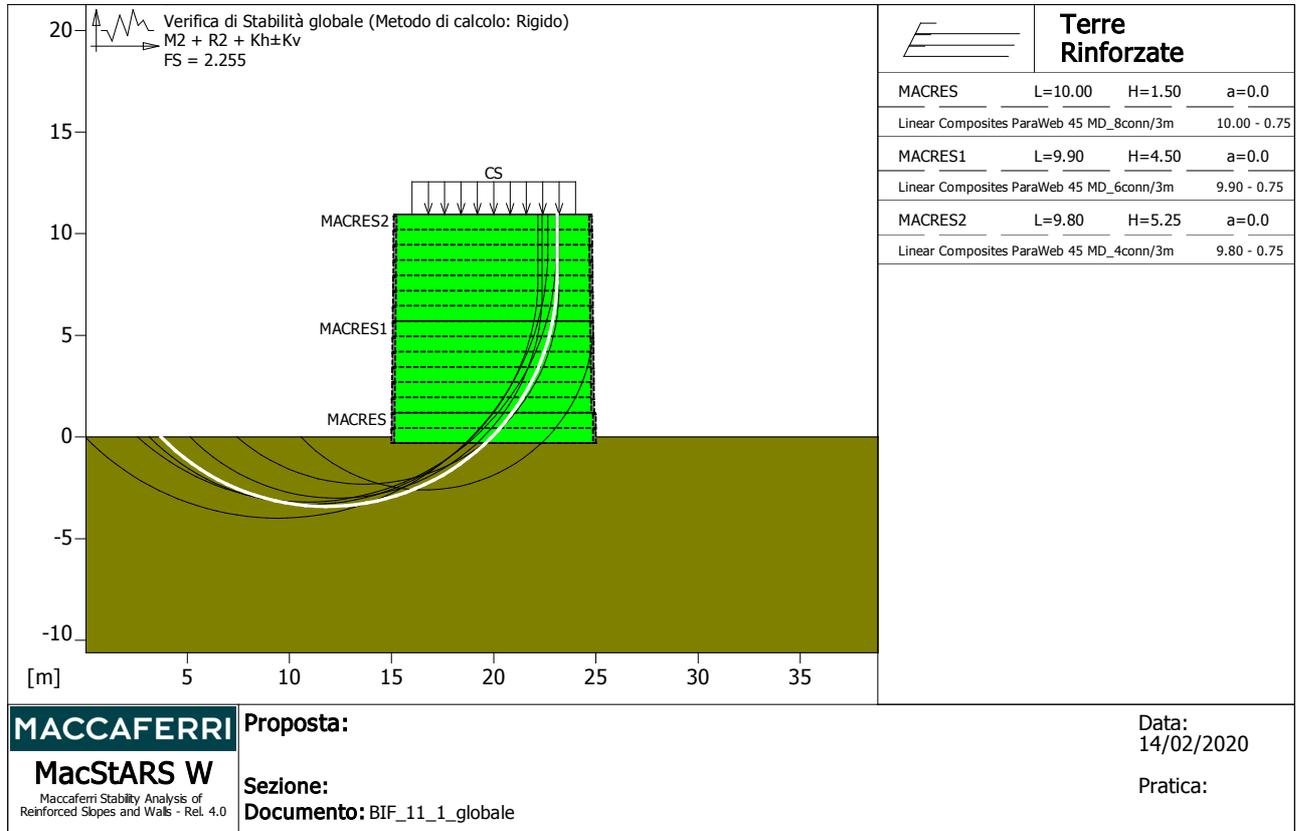
Blocco : MACRES2

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_4conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	120.6	226.6	72.2	1.67	3.14
0.750	120.6	184.1	72.2	1.67	2.55
1.500	120.6	150.7	72.2	1.67	2.09
2.250	120.6	123.1	72.2	1.67	1.70
3.000	120.6	97.8	72.2	1.67	1.35
3.750	120.6	73.0	72.2	1.67	1.01
4.500	120.6	47.8	47.8	2.52	1.00

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
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	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..... : 2.255

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	14.00	16.00	23.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza..... :		50	
Numero totale superfici di prova..... :		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m]..... :		0.50	
Angolo limite orario..... [°]..... :		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°]..... :		0.00	

Blocco : MACRES

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_8conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	241.2	363.9	144.4	1.67	2.52
0.750	241.2	395.4	144.4	1.67	2.74

Blocco : MACRES1

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_6conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	180.9	412.0	108.3	1.67	3.80
0.750	180.9	416.1	108.3	1.67	3.84
1.500	180.9	410.0	108.3	1.67	3.79
2.250	180.9	395.9	108.3	1.67	3.66
3.000	180.9	338.7	108.3	1.67	3.13
3.750	180.9	273.0	108.3	1.67	2.52

Blocco : MACRES2

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_4conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	120.6	220.1	72.2	1.67	3.05
0.750	120.6	178.3	72.2	1.67	2.47
1.500	120.6	145.2	72.2	1.67	2.01
2.250	120.6	117.9	72.2	1.67	1.63
3.000	120.6	92.5	72.2	1.67	1.28
3.750	120.6	67.7	67.7	1.78	1.00
4.500	120.6	42.5	42.5	2.84	1.00

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 - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

## 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

OMI

Proposta...:

Sezione...:

Località...:

Pratica...:

File.....: BIF\_11\_1\_globale

Data.....: 14/02/2020

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

### SOMMARIO

<b>CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI.....</b>	<b>28</b>
<b>PROFILI STRATIGRAFICI .....</b>	<b>28</b>
<b>BLOCCHI RINFORZATI .....</b>	<b>29</b>
<b>BLOCCO : MACRES .....</b>	<b>29</b>
<b>BLOCCO : MACRES1.....</b>	<b>29</b>

<b>BLOCCO : MACRES2.....</b>	<b>30</b>
<b>CARICHI.....</b>	<b>30</b>
<b>PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI .....</b>	<b>31</b>
<b>VERIFICHE.....</b>	<b>33</b>
<b>VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE : .....</b>	<b>33</b>
<b>VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE : .....</b>	<b>36</b>

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

**Terreno : A1**                      Descrizione :

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.....[°].....: 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>].....: 19.50

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

**Terreno : RILEVATO**                      Descrizione : rilevato

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.....[°].....: 35.00

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: PC**                      Descrizione:

Terreno : A1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	50.00	0.00				

### BLOCCHI RINFORZATI

#### Blocco : MACRES

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 10.00 Altezza..... = 1.50  
Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 15.00 Ordinata..... = -0.30  
Inclinazione paramento.....[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
Rilevato strutturale.....: RILEVATO  
Terreno di riempimento a tergo.....: RILEVATO  
Terreno di copertura.....: RILEVATO  
Terreno di fondazione.....: RILEVATO

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 :

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_8conn/3m

Lunghezza.....[m]..... = 10.00

Muro Segmentato.....[m].....: Altezza..... = 0.75 Larghezza.. = 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°]..... = 0.00

#### Blocco : MACRES1

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 9.90 Altezza..... = 4.50  
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da MACRES  
Inclinazione paramento.....[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
Rilevato strutturale.....: RILEVATO  
Terreno di riempimento a tergo.....: RILEVATO  
Terreno di copertura.....: RILEVATO  
Terreno di fondazione.....: RILEVATO

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 :

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_6conn/3m

Lunghezza.....[m].....= 9.90

Muro Segmentato.....[m].....: Altezza.....= 0.75      Larghezza...= 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°].....= 0.00

**Blocco : MACRES2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 9.80      Altezza.....= 5.25

Arretramento.....[m].....= 0.00 da MACRES1

Inclinazione paramento.....[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia

Rilevato strutturale.....: RILEVATO

Terreno di riempimento a tergo.....: RILEVATO

Terreno di copertura.....: RILEVATO

Terreno di fondazione.....: RILEVATO

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 :**

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_4conn/3m

Lunghezza.....[m].....= 9.80

Muro Segmentato.....[m].....: Altezza.....= 0.75      Larghezza...= 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°].....= 0.00

**CARICHI**

**Pressione : CS**      Descrizione :

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>]...= 20.00      Inclinazione.....[°]...= 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 16.00 To = 24.00

**Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>]: Orizzontale...= 1.08      Verticale.....= 0.54

**PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_4conn/3m

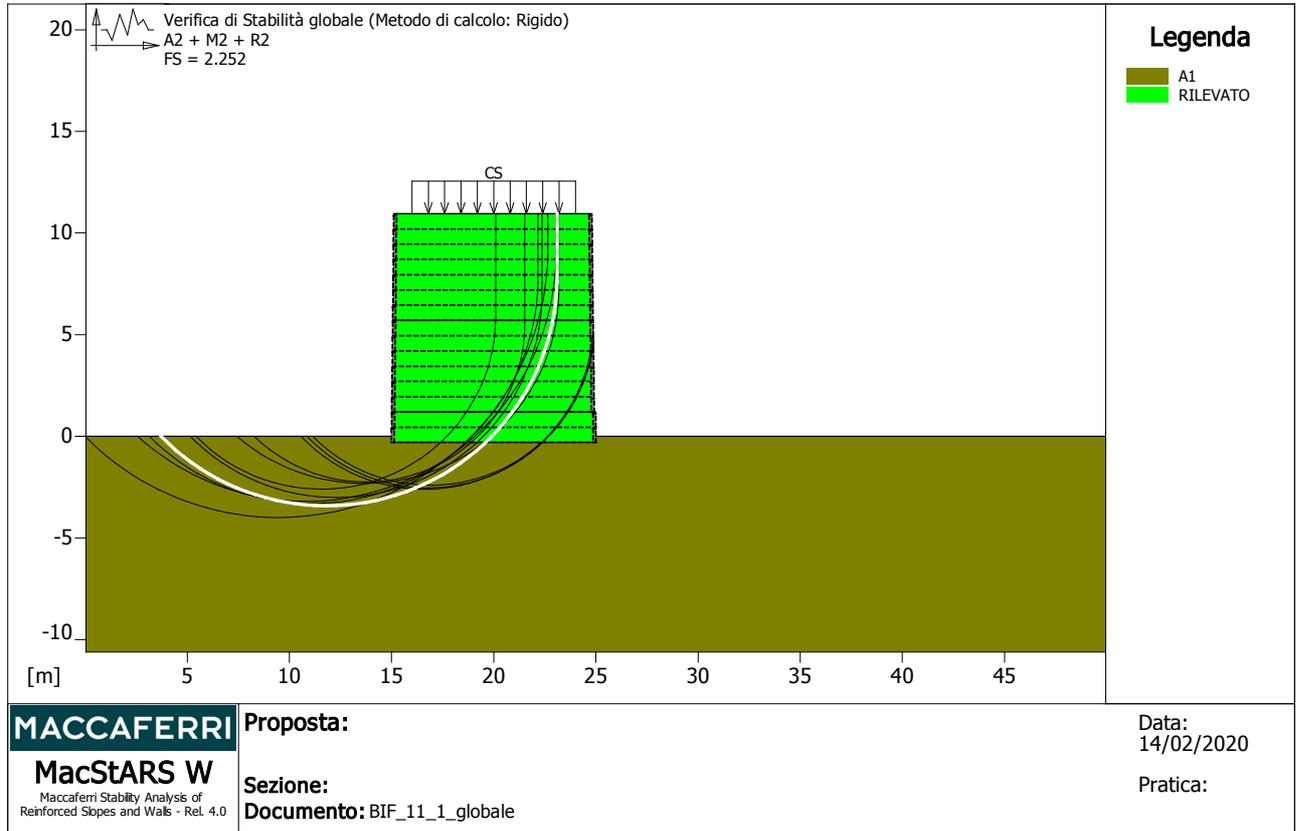
Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m]	:	120.59
Rapporto di Scorrimento plastico .....		:	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico .....	[m <sup>3</sup> /kN]	:	1.10e-04
Rigidezza estensionale .....	[kN/m]	:	377.00
Lunghezza minima di ancoraggio .....	[m]	:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo .....		:	0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia .....		:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia .....		:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo .....		:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla .....		:	0.70

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_6conn/3m

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m]	:	180.88
Rapporto di Scorrimento plastico .....		:	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico .....	[m <sup>3</sup> /kN]	:	1.10e-04
Rigidezza estensionale .....	[kN/m]	:	377.00
Lunghezza minima di ancoraggio .....	[m]	:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) .....		:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo .....		:	0.16

Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.70
Linear Composites - ParaWeb - 45 MD_8conn/3m		
Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m]	241.18
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m]	377.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo	:	0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.70

**VERIFICHE**



**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..... : 2.252

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	14.00	16.00	23.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza..... :		50	
Numero totale superfici di prova..... :		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m]..... :		0.50	
Angolo limite orario..... [°]..... :		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°]..... :		0.00	

Blocco : MACRES

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_8conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	241.2	371.1	144.4	1.67	2.57
0.750	241.2	403.9	144.4	1.67	2.80

Blocco : MACRES1

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_6conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	180.9	421.8	108.3	1.67	3.89
0.750	180.9	426.8	108.3	1.67	3.94
1.500	180.9	421.6	108.3	1.67	3.89
2.250	180.9	408.2	108.3	1.67	3.77
3.000	180.9	347.5	108.3	1.67	3.21
3.750	180.9	280.5	108.3	1.67	2.59

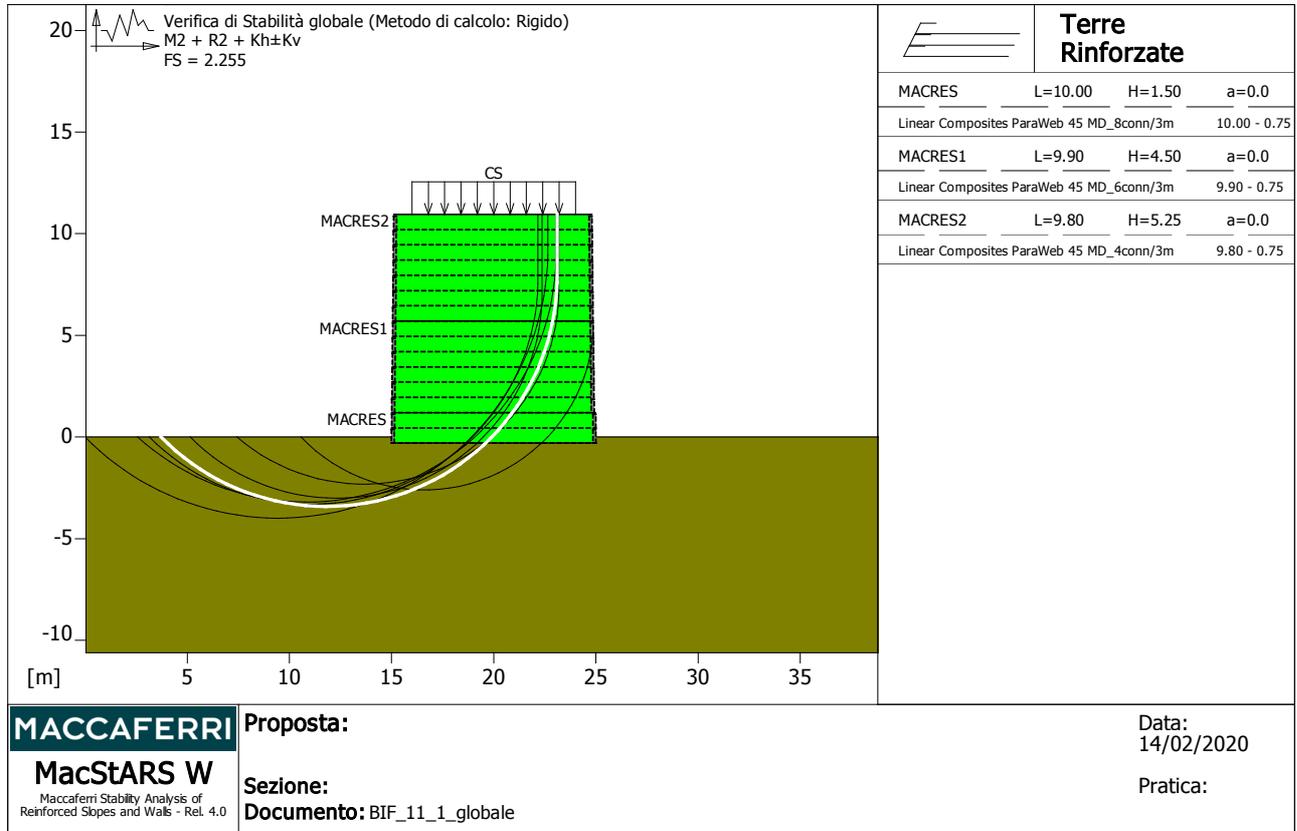
Blocco : MACRES2

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_4conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	120.6	226.6	72.2	1.67	3.14
0.750	120.6	184.1	72.2	1.67	2.55
1.500	120.6	150.7	72.2	1.67	2.09
2.250	120.6	123.1	72.2	1.67	1.70
3.000	120.6	97.8	72.2	1.67	1.35
3.750	120.6	73.0	72.2	1.67	1.01
4.500	120.6	47.8	47.8	2.52	1.00

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
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	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..... : 2.255

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	14.00	16.00	23.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza..... :		50	
Numero totale superfici di prova..... :		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m]..... :		0.50	
Angolo limite orario..... [°]..... :		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°]..... :		0.00	

Blocco : MACRES

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_8conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	241.2	363.9	144.4	1.67	2.52
0.750	241.2	395.4	144.4	1.67	2.74

Blocco : MACRES1

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_6conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	180.9	412.0	108.3	1.67	3.80
0.750	180.9	416.1	108.3	1.67	3.84
1.500	180.9	410.0	108.3	1.67	3.79
2.250	180.9	395.9	108.3	1.67	3.66
3.000	180.9	338.7	108.3	1.67	3.13
3.750	180.9	273.0	108.3	1.67	2.52

Blocco : MACRES2

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_4conn/3m

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	120.6	220.1	72.2	1.67	3.05
0.750	120.6	178.3	72.2	1.67	2.47
1.500	120.6	145.2	72.2	1.67	2.01
2.250	120.6	117.9	72.2	1.67	1.63
3.000	120.6	92.5	72.2	1.67	1.28
3.750	120.6	67.7	67.7	1.78	1.00
4.500	120.6	42.5	42.5	2.84	1.00

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 - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

## 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

OMI

Proposta...:

Sezione...:

Località...:

Pratica...:

File.....: Front\_12\_4\_globale

Data.....: 14/02/2020

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

### SOMMARIO

<b>CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI.....</b>	<b>1</b>
<b>PROFILI STRATIGRAFICI .....</b>	<b>1</b>
<b>BLOCCHI RINFORZATI .....</b>	<b>2</b>
<b>BLOCCO : MACRES.....</b>	<b>2</b>
<b>BLOCCO : MACRES1.....</b>	<b>2</b>
<b>BLOCCO : MACRES2.....</b>	<b>3</b>

<b>CARICHI</b> .....	<b>3</b>
<b>PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI</b> .....	<b>4</b>
<b>VERIFICHE</b> .....	<b>6</b>
<b>VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE :</b> .....	<b>6</b>
<b>VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE :</b> .....	<b>8</b>

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

**Terreno : A1**                      Descrizione :

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.....[°].....: 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>].....: 19.50

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

**Terreno : RILEVATO**                      Descrizione : rilevato

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.....[°].....: 35.00

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: PC**                      Descrizione:

Terreno : A1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	50.00	0.00				

### BLOCCHI RINFORZATI

#### Blocco : MACRES

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 8.00 Altezza..... = 2.25  
Coordinate Origine...[m].....: Ascissa..... = 15.00 Ordinata..... = -0.30  
Inclinazione paramento.....[°]...: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
Rilevato strutturale.....: RILEVATO  
Terreno di riempimento a tergo.....: RILEVATO  
Terreno di copertura.....: RILEVATO  
Terreno di fondazione.....: RILEVATO

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 :

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_8conn/3m

Lunghezza.....[m]..... = 8.00

Muro Segmentato.....[m].....: Altezza..... = 0.75 Larghezza... = 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°]..... = 0.00

#### Blocco : MACRES1

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 8.00 Altezza..... = 4.50  
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da MACRES  
Inclinazione paramento.....[°]...: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
Rilevato strutturale.....: RILEVATO  
Terreno di riempimento a tergo.....: RILEVATO  
Terreno di copertura.....: RILEVATO  
Terreno di fondazione.....: RILEVATO

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 :**

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_6conn/3m

Lunghezza.....[m]..... = 8.00

Muro Segmentato.....[m].....: Altezza..... = 0.75      Larghezza.. = 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°]..... = 0.00

**Blocco : MACRES2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 8.00      Altezza..... = 5.25

Arretramento.....[m]..... = 0.00 da MACRES1

Inclinazione paramento.....[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia

Rilevato strutturale.....: RILEVATO

Terreno di riempimento a tergo.....: RILEVATO

Terreno di copertura.....: RILEVATO

Terreno di fondazione.....: RILEVATO

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 :**

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_4conn/3m

Lunghezza.....[m]..... = 8.00

Muro Segmentato.....[m].....: Altezza..... = 0.75      Larghezza.. = 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°]..... = 0.00

**CARICHI**

**Pressione : CS**      Descrizione :

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>].. = 20.00      Inclinazione.....[°].. = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 16.00 To = 24.00

**Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>]: Orizzontale...= 1.08 Verticale.....= 0.54

### PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_4conn/3m

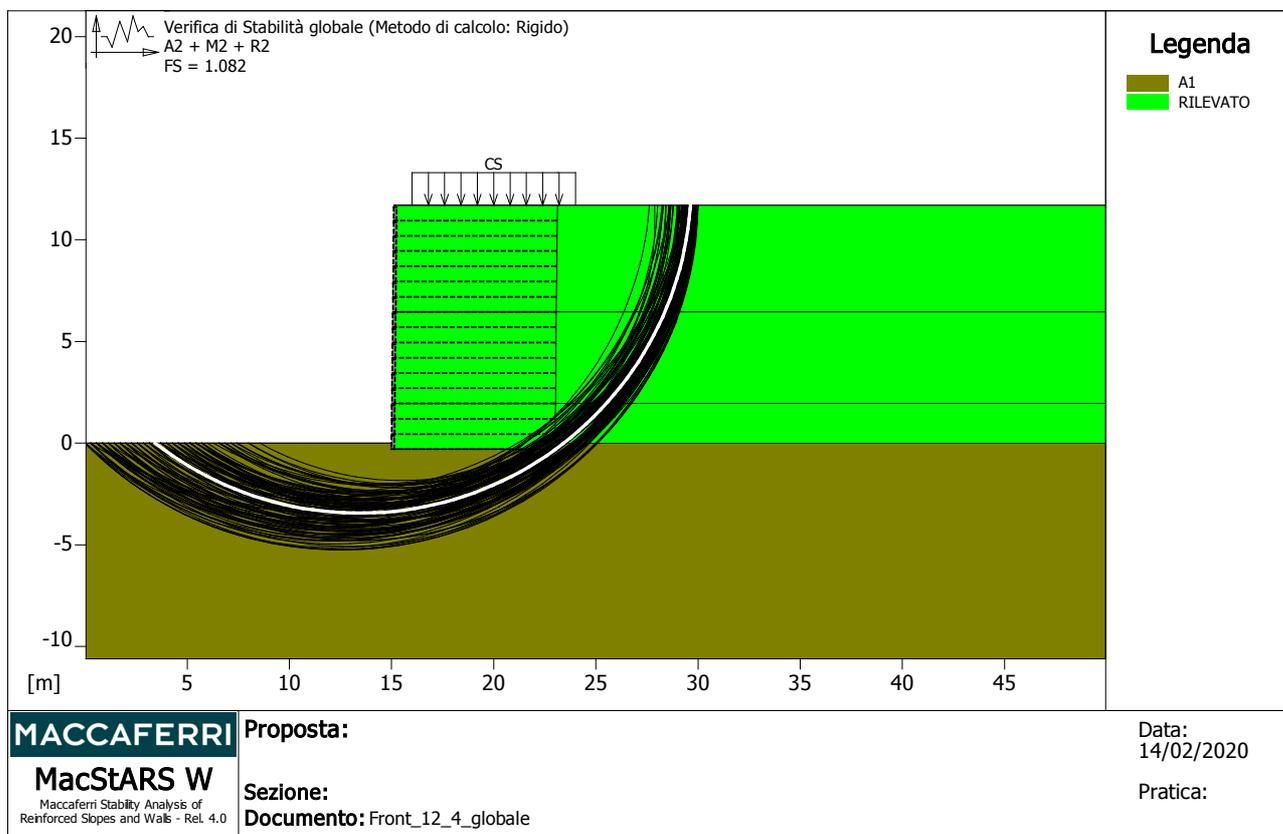
Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	120.59
Rapporto di Scorrimento plastico.....		0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	377.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo		0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.70

Linear Composites - ParaWeb - 45 MD\_6conn/3m

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	180.88
Rapporto di Scorrimento plastico.....		0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	377.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.67

Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo	:	0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.70
Linear Composites - ParaWeb - 45 MD_8conn/3m		
Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	241.18
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	377.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo	:	0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.70

**VERIFICHE**



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

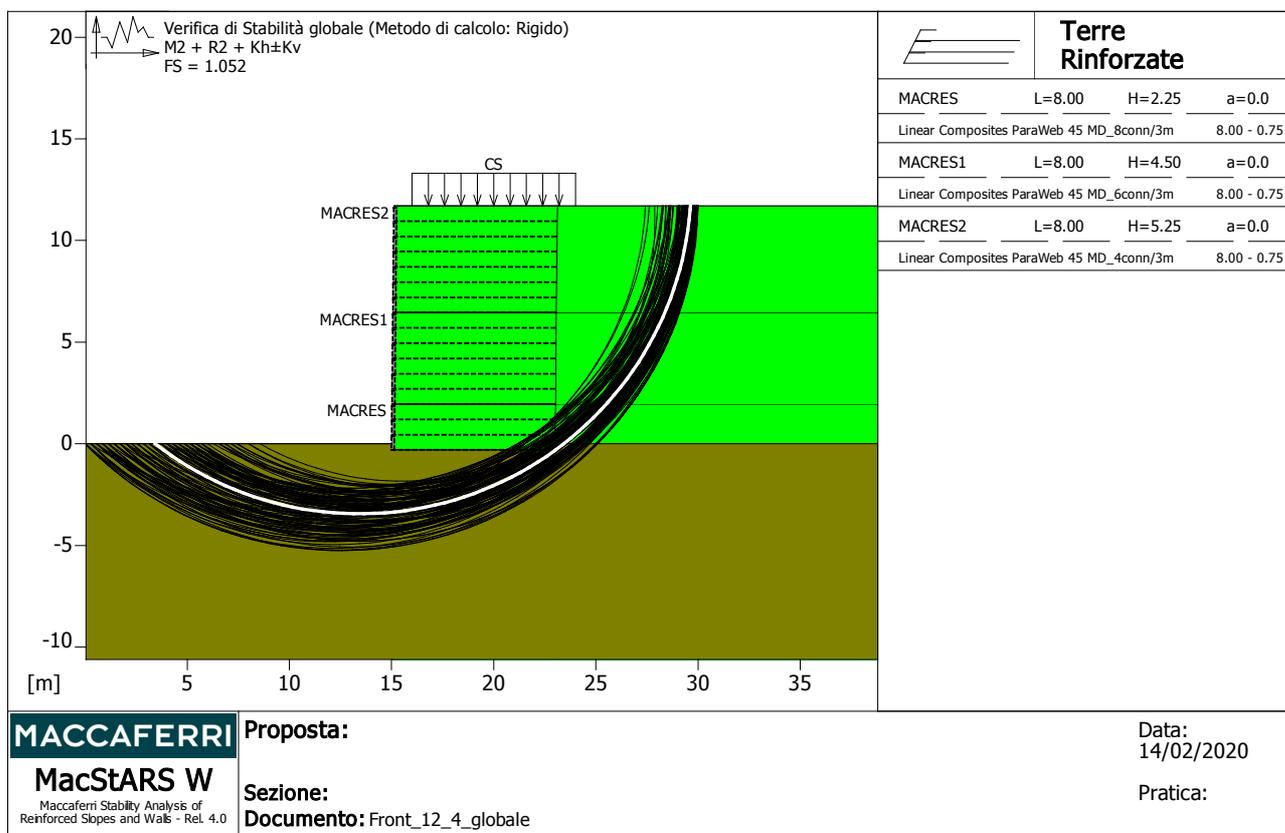
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato ..... : 1.082

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	14.00	16.00	30.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza..... :		50	
Numero totale superfici di prova..... :		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m]..... :		0.50	
Angolo limite orario..... [°]..... :		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°]..... :		0.00	

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	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.....: 1.052

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	14.00	16.00	30.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		50	
Numero totale superfici di prova.....:		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

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