



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

Bolognetta S.c.p.a.

Contraente Generale:
Ing. Pierfrancesco Paglini

Il Responsabile Ambientale:
Ing. Claudio Lamberti

- PERIZIA DI VARIANTE N.1 -

BOLOGNETTA S.c.p.a.

Titolo elaborato:

MODIFICA TECNICA N. 125

OPERE D'ARTE - OPERE DI SOSTEGNO

VIABILITÀ SECONDARIA RAMO 38B - OPERE IN TERRA RINFORZATA DA km 0+010,00A km 0+043,38

Relazione tecnica e di calcolo

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	P E	OS93	R C 0 1	5	1

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
0 7	PEOS93RC01_51_4137.DWG	1=1	4 1 3 7	- -
5				
4				
3				
2				
1	REVISIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA ANAS/D.L.		Febbraio 2016	M.Mancone S. Fortino D. Tironi
0	PRIMA EMISSIONE		Novembre 2015	M.Mancone S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

A.T.I. Progettisti :

Capogruppo:

Mandante:

POLITECNICA

INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Viale Amendola, 6 - 50121 Firenze
tel 055/2001660 fax 055/2344856
e-mail polifi@politecnica.it

ACS ingegneri

Via Catani, 28/c - 59100 Prato
tel 0574.527864 fax 0574.568066
E-mail acs@acsingegneri.it

Il Progettista Responsabile
Ing. Marcello Mancone

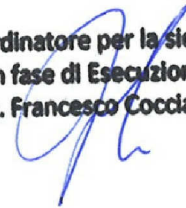


Il Geologo
dott. Pietro Accolti Gil



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di esecuzione:
Ing. Francesco Cocciante

Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di Esecuzione
Ing. Francesco Cocciante



Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero

Il Direttore dei Lavori
Ing. Sandro Favero

ANAS S.p.A.

DATA: _____ PROTOCOLLO: _____

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **LO410C E 1101**

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA E RIFERIMENTI	5
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO (PEA).....	5
2.3	SOFTWARE UTILIZZATI.....	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
3.1	TERRE RINFORZATE - ACCIAIO PER CASSERO	6
3.2	TERRE RINFORZATE - RINFORZI IN RETE ESAGONALE	6
3.2.1	<i>Resistenza a rottura di esercizio dei rinforzi metallici</i>	7
3.3	TERRE RINFORZATE - GEOGRIGLIE IN POLIESTERE AD ALTA TENACITA'	8
3.3.1	<i>Resistenza a rottura di esercizio dei rinforzi-geogriglie</i>	8
4	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	10
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	11
6	AZIONI DI CALCOLO	13
6.1	AZIONI PERMANENTI.....	13
6.1.1	<i>Peso proprio</i>	13
6.1.2	<i>Spinta delle terre</i>	13
6.2	AZIONI VARIABILI.....	14
6.2.1	<i>Sovraccarico uniforme indefinito</i>	14
6.3	AZIONI SISMICHE.....	14
7	COMBINAZIONI DI CARICO E VERIFICHE	16
7.1	COMBINAZIONI DI CARICO	16
7.2	VERIFICHE AGLI SLU.....	17
7.2.1	<i>Verifica allo scorrimento sul piano di posa (GEO)</i>	17
7.2.2	<i>Verifica al ribaltamento (EQU)</i>	17

7.2.3	Verifica di capacità portante (GEO).....	18
7.2.4	Resistenza allo sfilamento del rinforzo (pull-out)	18
7.2.5	Verifica di stabilità globale e di stabilità interna (GEO)	19
8	SOLUZIONE PROGETTUALE.....	22
9	RISULTATI DI CALCOLO	24
9.1	SEZIONE 10.....	24
9.1.1	Verifiche di stabilità	25
9.1.2	Verifiche di corpo rigido.....	25
9.2	SEZIONE 25.....	26
9.2.1	Verifiche di stabilità	27
9.2.2	Verifiche di corpo rigido.....	28
10	BIBLIOGRAFIA.....	29
11	ALLEGATI OUTPUT SEZIONI DI VERIFICA	33
12	ALLEGATO	34

ALLEGATO 5: Dichiarazione sulle caratteristiche a breve e lungo termine dei rinforzi metallici utilizzati nel software macstars W.4.0

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il calcolo ed il dimensionamento delle opere in terra rinforzata OS93 della secondaria 38B, nel progetto dei *Lavori di ammodernamento del tratto Palermo-Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14,4 (Km 0,0 del lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33,6 del lotto 2 – svincolo Manganaro incluso), compresi i raccordi con le attuali SS. N. 189 e SS. N.121.*

Nella figura seguente si riporta una planimetria di inquadramento dell'opera in oggetto.

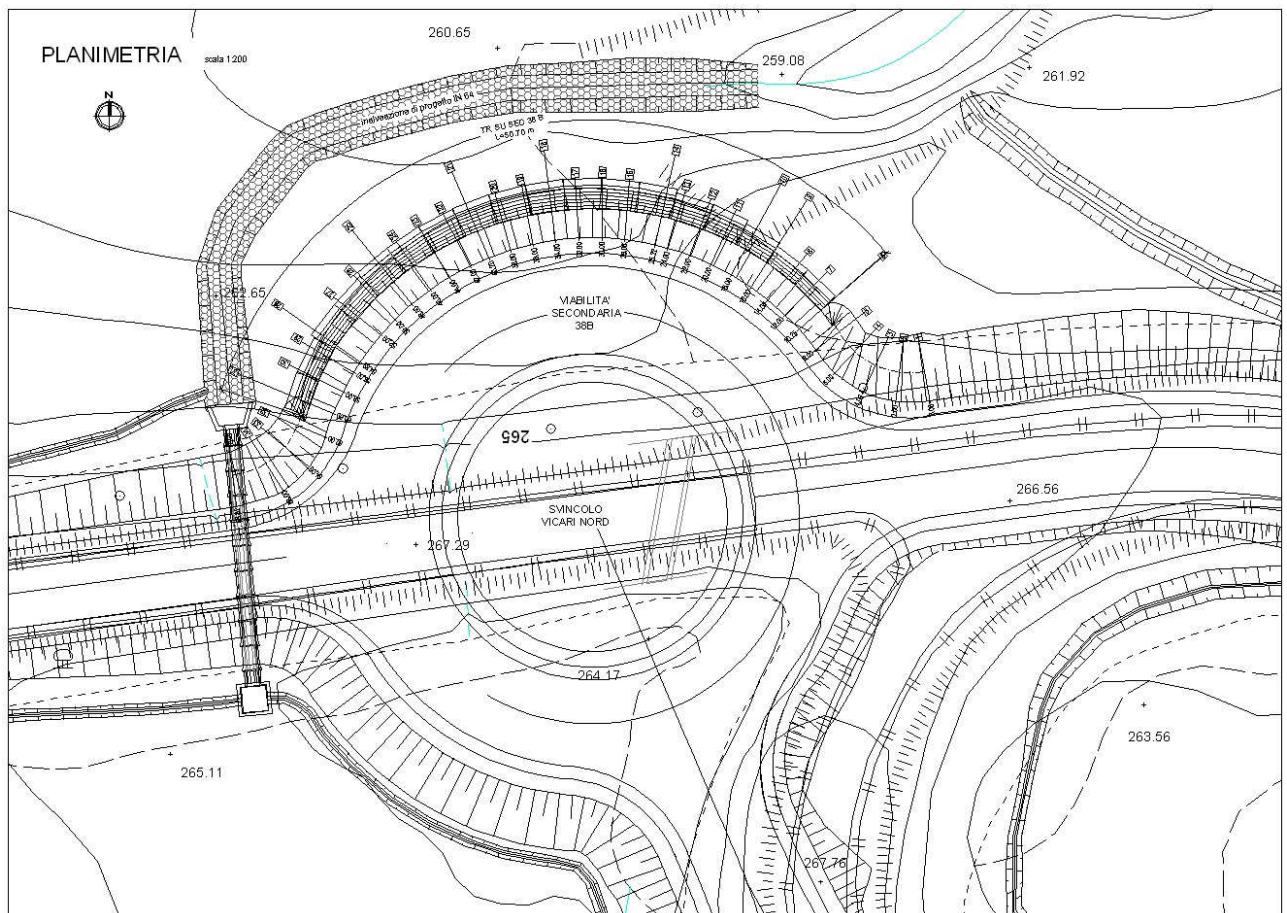


Figura 1. Planimetria di inquadramento terra rinforzata

Si fa presente, infine che la presente relazione di calcolo e gli elaborati grafici dell'opera in esame , vengono riemessi, nella presente fase di Progetto esecutivo di dettaglio (PED), in allegato alla modifica tecnica n.125 predisposta dal C.G. in riscontro alla Nota della A.S. Anas prot. CPA-0018526-P del 25/03/2015, avente per OGGETTO: Viabilità secondarie n. 38 ,38A, 38B, 39, 40 in Rif. a Nota della D.L. prot. N.674-14-FG-gv-DL/PA17 del 10/10/2014: trasmissione elaborati di dettaglio (modifica tecnica n.75)

Si è pertanto provveduto nella presente revisione della relazione di calcolo ad effettuare le verifiche richieste con la suddetta nota. Inoltre fermo restando geometria e caratteristiche previste in PEA per l'opera in esame, nella presente fase di PED, si è previsto a vantaggio di sicurezza, l'esecuzione preventiva di una ulteriore bonifica del piano di appoggio della TR rispetto alle quote di PEA, mediante la asportazione del terreno in posto, potenzialmente rimaneggiato dai lavori e comunque esposto alla stagione piovosa appena trascorsa, caratterizzata da eventi meteorici straordinari, e la sostituzione dello stesso con materiale inerte da cava, per uno spessore minimo di 50 cm, opportunamente compattato e comunque fino al raggiungimento dei requisiti di CSA per il piano di posa della terra rinforzata, secondo quanto meglio dettagliato negli elaborati grafici di PED

Giova sottolineare, infine, che a meno delle suddette modifiche migliorative, non è stata apportata nessuna modifica alla geometria, alla tecnologia costruttiva ed alla tipologia dei rinforzi, previsti per la terra rinforzata in esame, rispetto a quanto previsto nel PEA.

2 NORMATIVA E RIFERIMENTI

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento, nelle fasi di calcolo e progettazione, è la seguente:

- **D.M. 14 gennaio 2008** – pubblicato su S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 – “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- **UNI EN 1992-1-1:2005** “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – parte 1 – Regole generali e regole per edifici”;
- **UNI EN 206-1 ottobre 2006** – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- **UNI EN 11104 marzo 2004** – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- **Model Code 1990**, CEB-FIP;
- **British Standard 8006:1995**, “Code of practice for Strengthened/reinforced soils and fills”.

2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO (PEA)

Per il progetto delle opere in esame si è fatto riferimento ai seguenti elaborati progettuali:

[1]	Relazione geologica geomorfologica idrogeologica	PE_GE_RT01
[2]	Relazione geotecnica	PE_GT_RT01
[3]	Relazione sismica	PE_SI_RT01
[4]	Relazione geotecnica corpo stradale	PE_GT_RT02
[5]	Profilo geotecnico	PE_GT_L001-L038

2.3 SOFTWARE UTILIZZATI

I software utilizzati per i calcoli delle opere in esame sono di seguito indicati:

- **Macstars W 4.0** - Officine Maccaferri

Le verifiche sono state condotte con l’ausilio e il confronto con l’ufficio tecnico delle Officine Maccaferri.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Salvo indicazioni diverse espressamente indicate negli elaborati grafici, per la realizzazione delle opere di sostegno in oggetto sono previsti i materiali di seguito descritti.

3.1 TERRE RINFORZATE - ACCIAIO PER CASSERO

Barre Ø8 maglia differenziata ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

- modulo elastico $E_s = 200000 \text{ MPa}$
- resistenza caratteristica a rottura $f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
- resistenza caratteristica a snervamento $f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$

3.2 TERRE RINFORZATE - RINFORZI IN RETE ESAGONALE

Rinforzi costituiti da rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10, avente diametro del filo $\varnothing=2.2 \text{ mm}$ galvanizzato con lega Zn/Al5%.

Il filo sarà inoltre ricoperto da un rivestimento in materiale plastico portando il diametro esterno nominale a 3.2 mm.

I valori, sia in condizioni statiche che sismiche, adottati dal Software Macstars W (release 4.0.) per il calcolo sono i seguenti:

- resistenza a trazione $T_{rottura} \quad 35.00 \text{ kN/m}$
- resistenza di progetto a lungo termine $SLU-T_{progetto} \quad 29.91 \text{ kN/m}$

Questo perché l'influenza del creep è nulla sui rinforzi, nel paragrafo successivo sono esplicitati i coefficienti di sicurezza parziali in base ai quali si arriva alla resistenza di progetto SLU.

Giova sottolineare che in fase di PED è stata utilizzata la release 4.0. del software Macstars W, rilasciato dalla Società Maccaferri S.p.A. fornitrice degli elementi costituenti la TR; con quest'ultima release sono stati aggiornati i valori delle resistenze dei rinforzi metallici rispetto a quelli della release 3.0 utilizzata nelle verifiche di PEA. Si riporta per completezza a seguire il confronto tra le resistenze dei rinforzi assunte a base di calcolo nel PEA e nel PED:

	PED	PEA
– resistenza a trazione $T_{rottura}$	35.00 kN/m	37.09 kN/m
– resistenza di progetto a lungo termine SLU- $T_{progetto}$	29.91 kN/m	25.76 kN/m

In allegato alla presente, si riporta inoltre la dichiarazione appositamente predisposta dal responsabile tecnico della Maccaferri spa, riportante le motivazioni tecniche delle variazioni introdotte ai valori di resistenza dei rinforzi metallici nella nuova release del software.

3.2.1 Resistenza a rottura di esercizio dei rinforzi metallici

La resistenza di progetto degli elementi di rinforzo a lungo termine (rete metallica a doppia torsione) è stata determinata facendo riferimento alla *British Standard 8006:2010-1 “Code of practice for Strengthened/reinforced soils and fills”*. In accordo alla BS 8006, la resistenza di progetto a lungo termine $T_{progetto}$ del rinforzo è determinata come segue:

$$T_{progetto} = T_{rottura} / (f_{creep} \times f_m)$$

dove

$T_{rottura}$ = carico di rottura nominale del rinforzo

f_{creep} = fattore di creep del rinforzo a lungo termine

f_m = fattore di sicurezza del rinforzo, pari a $f_{m11} \times f_{m12} \times f_{m21} \times f_{m22}$

mentre i valori dei singoli coefficienti adottati nel calcolo sono esplicitati nella seguente tabella

TERRAMESH 8x10/2.2 mm – 120 ANNI ($F = F_{creep} \times F_m$)			
Fattore	Relativo a	Valore	Note
F_{creep}	Fattore di creep del rinforzo a lungo termine	1.0	Influenza nulla del creep per l'acciaio
f_{m11}	Controllo di qualità	1.0	Resistenza minima di base
f_{m12}	Tolleranze in produzione	1.06	Diametro 2.2 ± 0.06 mm
f_{m21}	Livello di confidenza dei dati disponibili	1.0	Migliaia di dati relativi ai test di resistenza a trazione
f_{m22}	Livello di confidenza della estrapolazione	1.0	20 anni di test di resistenza a

	dei dati a lungo termine		trazione registrati
f_{m211}	Effetti a breve termine dei danni in fase costruttiva	1.0	Non ci sono effetti a breve termine per I fili in acciaio
f_{m212}	Effetti a lungo termine per I danni in fase costruttiva	1.05	Per argilla e limo
f_{m22}	Degradazione chimica, biologica e ai raggi UV	1.05	Elevata stabilità del rivestimento in PVC
f_m		1.17	

Il fattore f_{creep} viene calcolato per una data deformazione massima ammissibile durante la vita di progetto, tenendo conto di eventuali fenomeni di creep (allungamento a carico costante di tipo viscoso, tipico dei materiali polimerici) che dovessero interessare i rinforzi; per le opere in terra rinforzata le deformazioni massime ammissibili nei rinforzi sono dell'ordine del 5%.

Poiché la rete metallica a doppia torsione non è soggetta a creep, tale resistenza è assunta pari alla resistenza a trazione nominale ($f_{creep} = 1.00$).

I fattori parziali di sicurezza che concorrono al valore di f_m per i rinforzi sono considerati all'interno del software a seconda del tipo di rinforzo e del terreno da armare mediante tali rinforzi.

Tale verifica risulta implicitamente verificata nella risoluzione del modello con il software Macstars 4.0.

3.3 TERRE RINFORZATE - GEOGRIGLIE IN POLIESTERE AD ALTA TENACITA'

Geogriglia da 50 kN/m

- resistenza massima a trazione $T_{rottura}$ 50 kN/m
- resistenza di progetto a lungo termine SLU statico 27.77 kN/m
- resistenza di progetto a lungo termine SLU sismico 38.46 kN/m

3.3.1 Resistenza a rottura di esercizio dei rinforzi-geogriglie

La resistenza di esercizio degli elementi di rinforzo (geogriglie) è stata determinata facendo riferimento alla *British Standard 8006:2010-1 "Code of practice for Strengthened/reinforced soils and fills"*. In accordo alla BS 8006, la resistenza di progetto $T_{progetto}$ del rinforzo a lungo termine è determinata come segue:

$$T_{\text{progetto}} = T_{\text{rottura}} / (f_{\text{creep}} \times f_m)$$

dove

T_{rottura} = carico di rottura nominale del rinforzo

f_{creep} = fattore di creep del rinforzo a lungo termine

f_m = fattore di sicurezza del rinforzo, pari a $f_{m11} \times f_{m12} \times f_{m21} \times f_{m22}$

mentre i valori dei singoli coefficienti adottati nel calcolo sono esplicitati nella seguente tabella:

Geogriglie Paragrid 50– 120 ANNI (F= $F_{\text{creep}} \times F_m$)			
Fattore	Relativo a	Valore	Note
F_{creep}	Fattore di creep del rinforzo a lungo termine	1.0 (in condizioni sismiche) 1.38 (in condizioni statiche)	
f_{m11}	Procedure produttive	1.0	Resistenza minima di base
f_{m12}	Valutazione qualità processi industriali e sviluppo prodotto	1.06	Estrapolazione dati
f_{m21}	Effetti a lungo termine per i danni in fase costruttiva	1.04	Per argilla e limo
f_{m22}	Degradazione chimica, biologica e ai raggi UV	1.17	In ambiente con ph da 9.5 a 11
F_{creep} F_m^*		1.30 (in condizioni sismiche) 1.80 (in condizioni statiche)	

Il fattore f_{creep} viene calcolato per una data deformazione massima ammissibile durante la vita di progetto, tenendo conto di eventuali fenomeni di creep (allungamento a carico costante di tipo viscoso, tipico dei materiali polimerici) che dovessero interessare i rinforzi; per le opere in terra rinforzata le deformazioni massime ammissibili nei rinforzi sono dell'ordine del 5%.

I fattori parziali di sicurezza che concorrono al valore di f_m per i rinforzi sono considerati all'interno

del software a seconda del tipo di rinforzo e del terreno da armare mediante tali rinforzi.

Tale verifica risulta implicitamente verificata nella risoluzione del modello con il software Macstars 4.0.

4 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La costruzione in oggetto è classificabile, secondo il DM 2008, come "*Opera ordinaria, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale*", per la quale viene prevista una vita nominale ≥ 50 anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, la costruzione è definita di Classe IV, ossia afferente a "*Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*"

In virtù di quanto affermato, il periodo di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche risulta dal prodotto della vita nominale per la classe d'uso:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2.0 = 100 \text{ anni,}$$

cui compete un valore del tempo di ritorno pari a:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -\frac{100}{\ln(1 - 0.10)} = 949 \text{ anni.}$$

5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Le stratigrafie ed il complesso delle indagini eseguite nella fase di PEA (cfr [4]) hanno portato alla definizione e caratterizzazione geotecnica delle seguenti unità litologiche geotecniche in corrispondenza dell'opera in esame:

- *Limi argillosi sabbiosi*: Argille limose e limi argillosi debolmente sabbiosi, limi sabbiosi argillosi da poco consistenti a moderatamente consistenti, inglobanti elementi lapidei e ghiaia (LSA).
- *Argille grigie*: Argille limose grigie da consistenti a molto consistenti (AG).

Nella presente fase di PED, si è prevista a vantaggio di sicurezza, l'esecuzione preventiva di una ulteriore bonifica del piano di appoggio della TR rispetto alle quote di PEA, mediante la asportazione del terreno in posto, potenzialmente rimaneggiato dai lavori e comunque esposto alla stagione piovosa appena trascorsa, caratterizzata da eventi meteorici straordinari, e la sostituzione dello stesso con materiale inerte da cava, per uno spessore minimo di 50 cm, opportunamente compattato e comunque fino al raggiungimento dei requisiti di CSA per il piano di posa della terra rinforzata.

Inoltre, in linea con le ipotesi di PEA, si è trascurato nella stratigrafia di riferimento per il calcolo, la presenza dello strato più profondo AG, e si è considerato la presenza della formazione più superficiale LSA.

Ai fini della progettazione dell'opera in esame, nelle verifiche riportate nei paragrafi seguenti sono stati utilizzati gli stessi parametri di coesione ed angolo di attrito riportati nella relativa relazione di calcolo di PEA dell'opera in esame – elaborato PEOS93RC01_30_4137, riassunti nella seguente tabella:

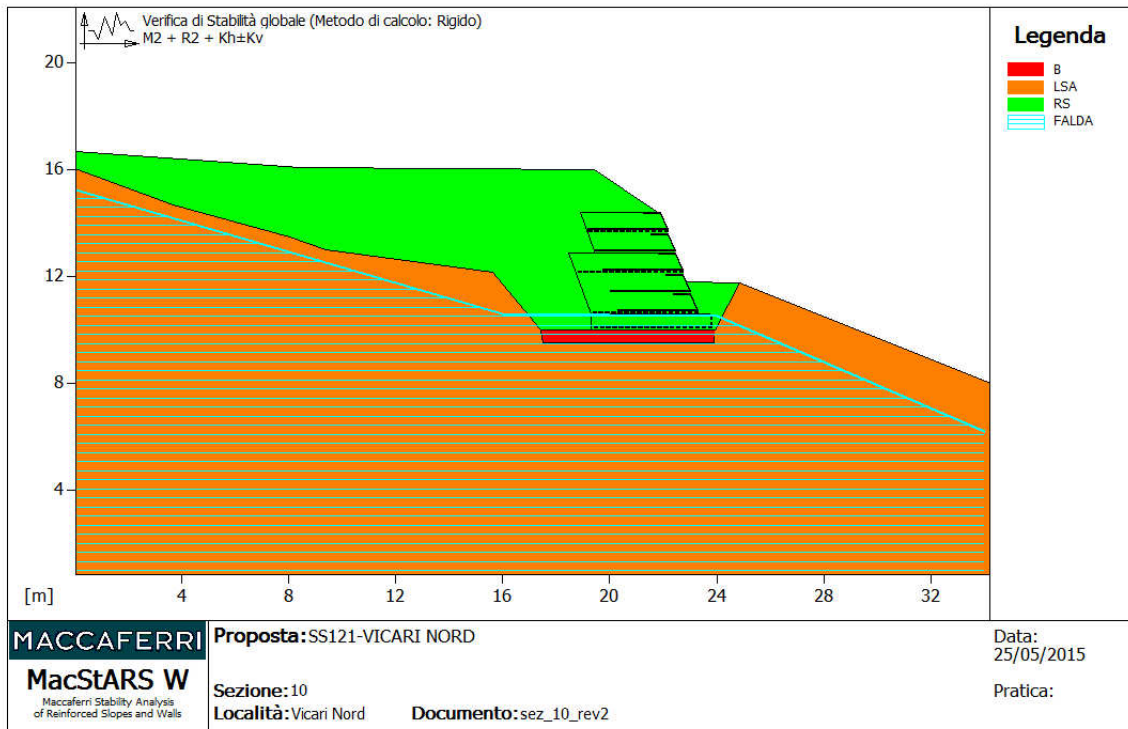
Tabella 1 Parametri geotecnici di progetto.

Litotipo	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
LSA limi argillosi sabbiosi	20	25	5
RS - Rilevato con mat. da cava	20	38	0
B -Bonifica con materiale da cava	20	35	0

Per quanto riguarda il materiale da cava per la realizzazione dei rilevati, sono stati assunti i parametri indicati nel documento di PEA Relazione geotecnica corpo stradale [4].

Infine sempre a vantaggio di sicurezza, ed in considerazione degli eventi pluviometrici eccezionali che si sono registrati nell'ultimo periodo, si è considerato nelle verifiche un livello di falda a -1.0 m da piano campagna, sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche.

Di seguito si riporta la stratigrafia di riferimento utilizzata nei calcoli.



6 AZIONI DI CALCOLO

Per il progetto e la verifica delle opere sono state esaminate le varie azioni riportate nei paragrafi seguenti.

6.1 AZIONI PERMANENTI

6.1.1 *Peso proprio*

Per il calcolo del peso proprio del paramento in terra rinforzata si assume il peso unitario di seguito indicato:

Terreno di riempimento: $\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$

6.1.2 *Spinta delle terre*

La valutazione delle spinte delle terre viene effettuata considerando un angolo di attrito tra paramento della terra rinforzata e terreno pari a ϕ' , con ϕ' angolo di resistenza al taglio di progetto.

Nelle verifiche la spinta del terreno viene determinata con la seguente espressione:

$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \times K_a - 2c' \sqrt{K_a}$$

nella quale:

$\sigma'_v(z)$ = tensione verticale efficace alla generica quota z;

K_a = coefficiente di spinta attiva;

q = eventuale sovraccarico uniformemente distribuito.

Per il calcolo dei coefficienti di spinta si fa riferimento alle espressioni di Rankine.

6.2 AZIONI VARIABILI

6.2.1 Sovraccarico uniforme indefinito

Nel caso specifico si terrà conto di un sovraccarico accidentale uniforme indefinito dovuto al traffico stradale pari a 20 kPa.

6.3 AZIONI SISMICHE

Per la caratterizzazione dell'azione sismica sulle opere distribuite lungo il tracciato si è fatto riferimento alle seguenti coordinate geografiche:

Longitudine	13°34'26.79"E	13°,57
Latitudine	37°50'26.49"N	37°,84

Si riporta di seguito il riepilogo della caratterizzazione dell'opera riportata al capitolo 4:

- vita nominale $V_N = 50$ anni
- classe d'uso IV
- coefficiente d'uso $C_U = 2.0$
- periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \times C_U = 100$ anni

Tabella 2 Parametri sismici per la definizione dello spettro di progetto.

STATO LIMITE	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]	Ss [-]	St [-]	$a_{max}=Ss*St*ag$ [g]
SLO	60	0.054	2.398	0.267	1.200	1	0.065
SLD	100	0.068	2.420	0.283	1.200	1	0.081
SLV	949	0.152	2.553	0.334	1.200	1	0.183
SLC	1949	0.190	2.598	0.344	1.200	1	0.228

Per le analisi in condizioni sismiche è stato preso a riferimento lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) e dunque i seguenti parametri:

- categoria di suolo B;
- fattore di sito $S = 1.200$;
- massima accelerazione orizzontale al suolo $a_g/g = 0.152$;

- coefficiente di riduzione β_s $\beta_s=0.24$
- coefficiente di intensità sismica orizzontale $k_h = 0.044$
- coefficiente di intensità sismica verticale $k_v = 0.022$

In condizioni sismiche l'opera è soggetta alle forze di inerzia degli elementi strutturali e delle porzioni di terreno solidali con la struttura che valgono:

$$F_{hi} = k_h \times W$$

$$F_{vi} = k_v \times W$$

essendo W il peso dell'elemento o della porzione di terreno considerata mentre k_v e k_h sono i coefficienti di intensità sismica verticale ed orizzontali descritti nel precedente paragrafo. Tali forze sono applicate nel baricentro delle masse dell'elemento considerato.

7 COMBINAZIONI DI CARICO E VERIFICHE

7.1 COMBINAZIONI DI CARICO

Il progetto e la verifica delle strutture in questione sono state eseguite mediante il metodo degli "Stati Limite", verificando:

1. SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU):

- scorrimento sul piano di posa;
- verifica al ribaltamento;
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno e stabilità interna (locale).

Le verifiche sono state effettuate con riferimento all'Approccio 1, Combinazioni 2 (A2+M2+R2) per le verifiche geotecniche (GEO). Fa eccezione la verifica al ribaltamento del paramento in terra rinforzata e terra armata per cui, in accordo alla normativa vigente, la verifica è stata condotta utilizzando i coefficienti parziali delle azioni della tabella 2.6.I (colonna EQU) del DM2008 ed i coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte.

Di seguito si riportano le tabelle dei coefficienti parziali delle azioni e dei terreni relativi secondo quanto riportato nella normativa vigente

Tabella 3: Coefficienti parziali relativi alle azioni per le verifiche a SLU

Parametro		Coefficiente parziale γ_f	
		A1	A2
Permanente sfavorevole	γ_G	1.40	1.00
Permanente favorevole		1.00	1.00
Variabile favorevole	γ_Q	1.50	1.30
Variabile sfavorevole		0.00	0.00

Tabella 4: Coefficienti parziali per i parametri del terreno

Parametro		Coefficiente parziale γ_m	
		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\tan\phi'$	1.00	1.25
Coazione efficace	c'	1.00	1.25
Coazione non drenata	c_u	1.00	1.40
Peso specifico	γ	1.00	1.00

Nel seguito si riporta una breve descrizione dei criteri di verifica sia con riferimento alle condizioni statiche che sismiche.

7.2 VERIFICHE AGLI SLU

7.2.1 Verifica allo scorrimento sul piano di posa (GEO)

La risultante delle azioni orizzontali agenti sulla struttura deve risultare non superiore alla forza resistente costituita dall'attrito sul piano di imposta. Questa a sua volta è valutata come prodotto della risultante delle azioni verticali (ortogonali al piano di imposta) per il coefficiente di attrito in fondazione $\mu = \tan(\phi')$.

In condizioni sismiche si è tenuto conto, oltre che dell'incremento di spinta del terreno, anche delle forze di inerzia delle masse della terra rinforzata e/o ad esso collegate.

7.2.2 Verifica al ribaltamento (EQU)

La somma dei momenti instabilizzanti, valutati rispetto allo spigolo di valle della fondazione, dovuti alle azioni agenti sulla terra rinforzata deve risultare non superiore al momento stabilizzante dovuto al peso proprio della struttura e le relative azioni variabili.

In condizioni sismiche si è tenuto conto, oltre che dell'incremento di spinta del terreno, anche delle forze di inerzia delle masse della terra rinforzata e/o ad esso collegate.

Ai fini pratici le verifiche sono state condotte utilizzando le medesime azioni e forze resistenti valutate con riferimento alla verifica allo scorrimento (Condizione M2+R2) moltiplicando i valori delle diverse azioni/reazioni secondo i coefficienti 0.9 ed 1.1 come indicato nella tabella sottostante:

Tabella 5: Coefficienti parziali azioni verifiche equilibrio corpo rigido

	favorevole	sfavorevole
Peso del muro e del rinterro	0.9	
Eventuali masse aggiuntive collegate al muro	0.9	
Azione di eventuali tiranti	0.9	
Spinta del terreno, componente statica		1.1
Spinta dell'acqua e sottospinta idraulica		1.1

7.2.3 Verifica di capacità portante (GEO)

Nella verifica del collasso fondazione-terreno (verifica della capacità portante) l'azione di progetto è data dalla componente della risultante delle forze normali al piano di posa, mentre la resistenza di progetto è il valore della forza normale al piano di posa a cui corrisponde il raggiungimento del carico limite del terreno di fondazione. La verifica viene eseguita direttamente dal software macstars 4.0

7.2.4 Resistenza allo sfilamento del rinforzo (pull-out)

Il calcolo delle forze ultime di sfilamento viene eseguito con il seguente procedimento, che si basa sulla considerazione che in tutti i punti del rinforzo sia raggiunta la condizione ultima (τ_u).

La forza necessaria per lo sfilamento del rinforzo dal rilevato (F_{po}) è data dalla seguente relazione:

$$F_{po} = 2 \cdot \sigma_v \cdot L \cdot W \cdot \mu \cdot \tan \varphi$$

nella quale:

σ_v = tensione verticale agente sul rinforzo

L = lunghezza della zona di ancoraggio

W = larghezza del rinforzo

μ = coefficiente di interazione tra materiale del rilevato e rinforzo

φ = angolo di attrito interno del materiale da rilevato

I valori del coefficiente di interazione μ derivano da prove di laboratorio e variano a seconda del tipo di terreno che compone il rilevato.

Per i rinforzi in rete metallica a doppia torsione sono stati assunti pari a:

Tabella 6: Valori del coefficiente di interazione μ per rinforzi metallici

Tipo di interazione	Valore di μ
Interazione rinforzo-rinforzo	0.30
Sfilamento rinforzo-ghiaia	0.90
Sfilamento rinforzo-sabbia	0.65
Sfilamento rinforzo-limo	0.50
Sfilamento rinforzo-argilla	0.30

Per i rinforzi in poliestere ad alta tenacità sono stati assunti pari a:

Tabella 7: Valori del coefficiente di interazione μ per rinforzi in poliestere ad alta tenacità

Tipo di interazione	Valore di μ
Interazione rinforzo-rinforzo	0.16
Sfilamento rinforzo-ghiaia	0.90
Sfilamento rinforzo-sabbia	0.90
Sfilamento rinforzo-limo	0.70
Sfilamento rinforzo-argilla	0.40

Come è possibile dedurre per ogni livello di rinforzi all'interno della struttura il valore della resistenza a rottura rimane costante mentre ciò che varia è la resistenza allo sfilamento in quanto essa è direttamente correlata alla tensione normale agente a quella determinata profondità.

Tale verifica risulta implicitamente verificata nella risoluzione del modello con il software Macstars.

7.2.5 Verifica di stabilità globale e di stabilità interna (GEO)

Queste verifiche consentono di accertare che la geometria della sezione esaminata, in relazione alle caratteristiche di resistenza al taglio del materiale impiegato, assicuri un sufficiente fattore di sicurezza nei confronti della rottura.

Per l'analisi di stabilità è stato utilizzato il metodo di calcolo di Bishop, che permette di determinare il coefficiente di sicurezza alla rottura.

L'analisi di stabilità è stata condotta secondo il principio dell'equilibrio limite globale; tale verifica si conduce esaminando un certo numero di possibili superfici di scivolamento per ricercare quella che rappresenta il rapporto minimo tra la resistenza a rottura disponibile e quella effettivamente mobilitata; il valore di questo rapporto costituisce il coefficiente di sicurezza del pendio.

Scelta quindi una superficie di rottura si suddivide in conci la parte instabile, si studia dapprima l'equilibrio della singola striscia e poi si passa alla stabilità globale; qui di seguito sono riportate schematicamente le azioni agenti su di un singolo concio:

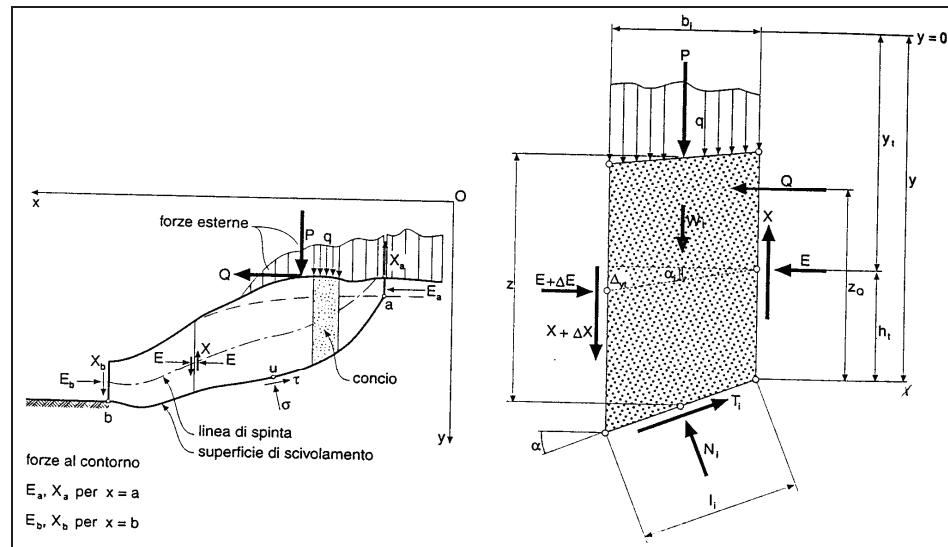


Figura 2. Forze agenti su un singolo concio

Per ogni concio sono disponibili per la risoluzione del sistema le tre equazioni della statica (equilibrio traslazione verticale, orizzontale ed equilibrio dei momenti), quindi per n conci si avranno $3n$ equazioni linearmente indipendenti; il contributo dei rinforzi 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 il 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 (il minimo tra i due valori). La prima è costante ed assegnata mentre le seconde variano linearmente con la profondità.

Per tenere conto dell'effetto dei rinforzi è stato implementato un modello di comportamento rigido; in tale modello 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 rigidità dei rinforzi stessi.

Per ciascun rinforzo devono essere verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo;
- deve essere garantita la resistenza allo sfilamento nella zona di ancoraggio.

Nel primo caso una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo; nel secondo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al valore di sfilamento.

Un corretto dimensionamento di una struttura in terra rinforzata pertanto implica una scelta opportuna della lunghezza e della spaziatura verticale dei rinforzi, al fine di garantire la stabilità; l'analisi di stabilità è stata condotta distinguendola in due tipi:

Stabilità globale: verifica delle dimensioni della massa strutturale nei confronti di scivolamenti più esterni, che possano determinare fenomeni di instabilità più profondi negli strati di terreno; in questo caso, si è assunto che le superfici partano più a valle rispetto al piede dell'opera ed è stata individuata per tentativi la posizione più critica del punto di partenza delle superfici di scivolamento, spostando tale punto verso valle.

Stabilità interna: verifica della lunghezza necessaria e della spaziatura degli elementi di rinforzo tale da garantire che il rilevato rinforzato sia sufficientemente compatto e resistente alle azioni interne provocate dai carichi; si è assunto in questo caso che le superfici partano dal piede di valle dell'opera e si estendano verso monte fino ad incontrare il profilo del terreno, intersecando totalmente o anche solo parzialmente l'ammasso rinforzato. In quest'ultimo caso si è considerato che la superficie più critica, ossia con fattore di stabilità minimo, non necessariamente si svilupperà interamente all'interno dell'ammasso rinforzato.

Le analisi sono state condotte utilizzando superfici di rottura circolari e, ove ritenuto necessario (alcune verifiche di stabilità interna), superfici di rottura poligonali.

Come prescritto dalla normativa la verifica viene effettuata secondo la "Combinazione 2": (A2+M2+R2) in condizioni statiche e (M2+R2+Sisma) in condizioni sismiche.

8 SOLUZIONE PROGETTUALE

L'opera in terra rinforzata è costituita da un materiale composito che combina la tipica resistenza di due differenti elementi in grado di migliorare le caratteristiche globali dell'insieme. In particolare le proprietà geotecniche del terreno, materiale resistente a compressione, sono migliorate dalla combinazione con geogriglie, materiale ad alta resistenza a trazione, realizzato in materiale plastico.

L'opera in esame, in linea con quanto previsto nel PEA, prevede l'utilizzo della tecnologia denominata "Terramesh verde" fornita dalla ditta Maccaferri, che contempla il posizionamento di un modulo costituito da una doppia geogriglia in fondazione avvolta in modo tale da determinare un'inclinazione del paramento pari a 90° e un primo strato di altezza pari a 0.60 m opportunamente compattato ; sopra tale modulo, con arretramento pari a 0.50 m, si dispone una successione di strati di terreno compattato, dello spessore di circa 0.76 m con cassero in rete elettrosaldato con inclinazione del paramento pari a 70°, rinforzati con elementi di rinforzo in rete metallica a doppia torsione e/o geogriglie in poliestere, caratterizzati da resistenza a trazione e lunghezze di ancoraggio che vengono desunte dal calcolo di dimensionamento e riportate negli elaborati grafici di progetto .

La sommità del paramento in terra rinforzata viene raccordata alla quota del piano stradale tramite un rilevato superiore in terra di altezza variabile sagomato con pendenza di 3:2 (orizzontale:verticale).

L'opera viene quindi completata da un'idrosemina superficiale per il rinverdimento finale della facciata esterna del paramento.

Di seguito si riportano la sezione tipologica relativa alla terra rinforzata in esame.

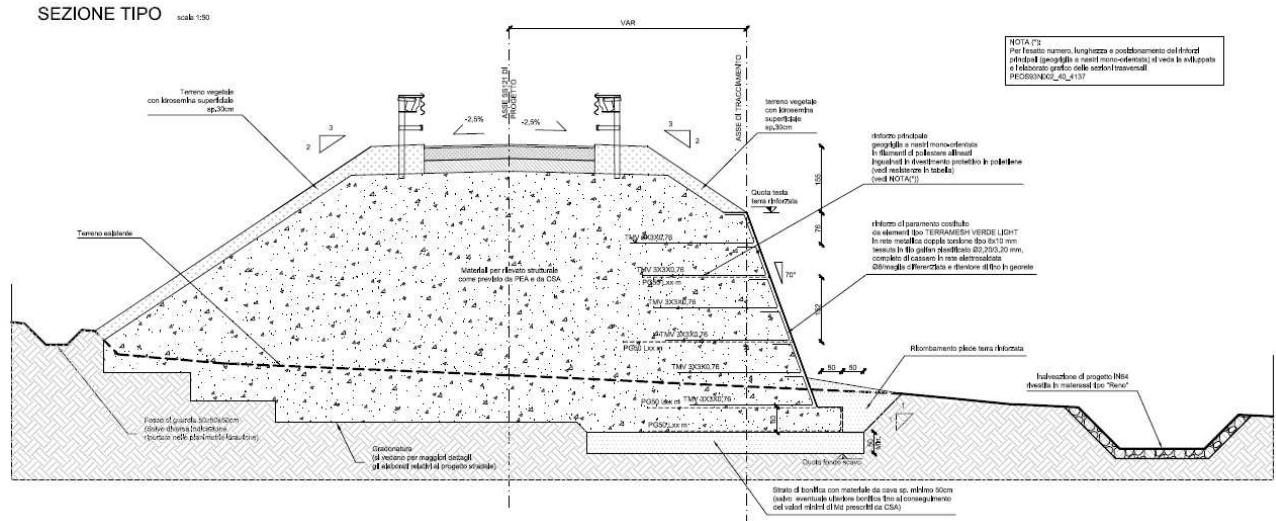


Figura 3. Sezione tipologica terra rinforzata- OS 93

Nella figura precedente le lunghezze e le resistenze dei rinforzi sono da considerare a titolo esemplificativo; i valori effettivi sono desunti dal calcolo e raffigurati negli elaborati grafici di riferimento.

Le diverse soluzioni progettuali si ritrovano pertanto negli elaborati grafici di riferimento e successivamente si riportano le verifiche delle sezioni nelle situazioni più gravose.

9 RISULTATI DI CALCOLO

Il dimensionamento è stato effettuato per le sezioni più significative che per l'opera in esame risultano essere la Sezione n°10 e la Sezione n°25 .

9.1 SEZIONE 10

La terra rinforzata nella sezione in esame presenta le seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche dei blocchi.

Tabella 8: Caratteristiche geometriche e meccaniche dei blocchi in t.r.

Blocco	Larghezza (m)	Altezza (m)	Lunghezza rinf. (m)	Resistenza rinf. (m)
Blocco DX0	10.0	0.60	10.0	50 kN/m
Blocco DX1	7.00	3.80	7.00	50 kN/m
Blocco DX2	6.00	1.52	6.00	50 kN/m

Nella figura seguente si riporta il modello di input della terra rinforzata.

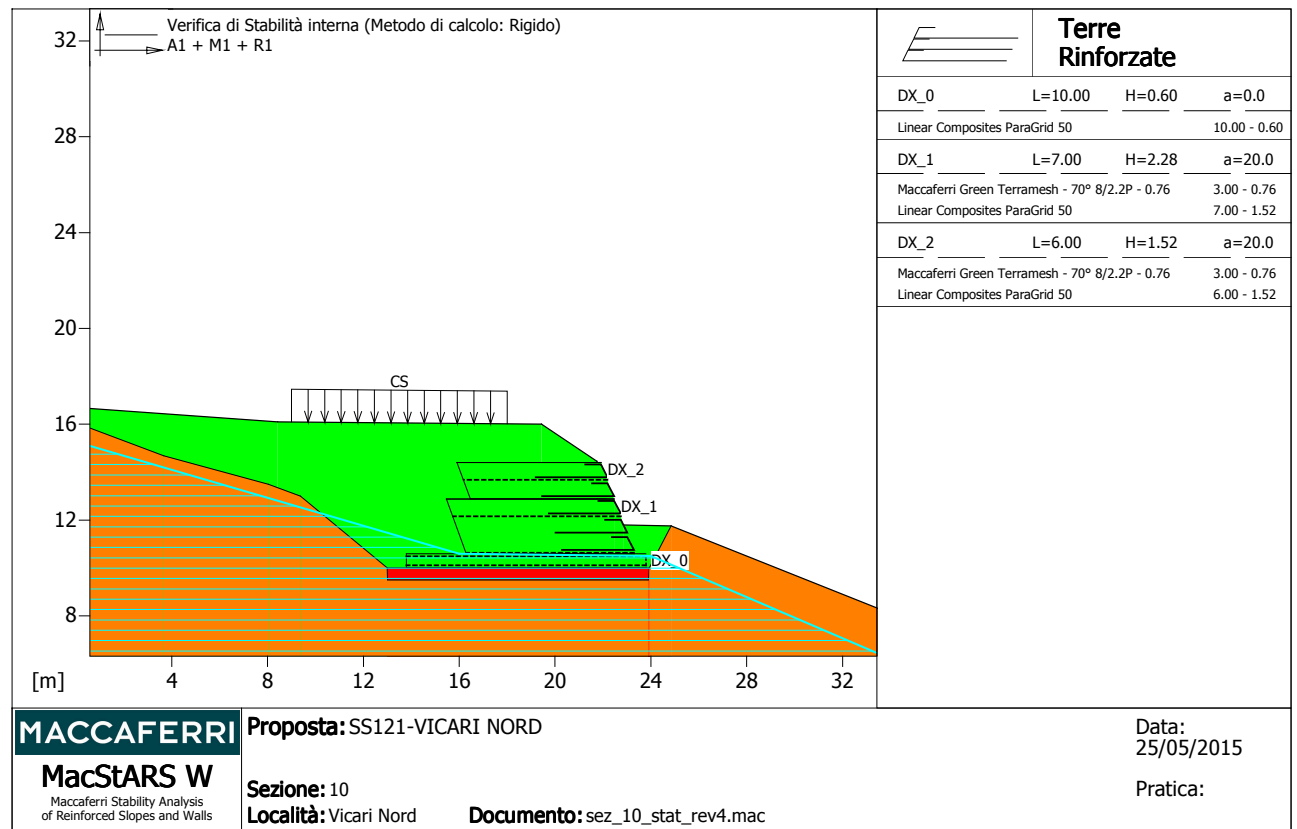


Figura 4. Input di calcolo modello terra rinforzata 25 (PED)

9.1.1 Verifiche di stabilità

Le verifiche di stabilità comprendono le verifiche di stabilità globale e le verifiche di stabilità interna. Nella tabella seguente si riportano i coefficienti di sicurezza, ottenuti nelle verifiche al variare della combinazione e della tipologia di verifica.

Tabella 9: Coefficienti di sicurezza analisi di stabilità

Combinazione	Fs stab globale		Fs stab interna
	Valore di Fs output del programma (fattorizzato per $\gamma_{R=1.1}$)	valore di Fs non diviso per $\gamma_{R=1.1}$	
Statica	1.326	1.458	2.41
Sismica	1.268	1.394	2.821

Come si evince dalla tabella precedente tutte le verifiche di stabilità, globale e interna, risultano ampiamente soddisfatte per la sezione analizzata.

Riguardo alla verifica di stabilità globale, si coglie l'occasione per chiarire che il programma Macstars W, divide (fattorizza) automaticamente il coefficiente di sicurezza ottenuto dal calcolo, per il fattore di sicurezza previsto dalla normativa NTC 2008, $R(\gamma_r)=1,1$. Per maggiore chiarezza nella tabella sopra riportate è stato espresso sia il valore fornito direttamente dall'output del programma del suddetto coefficiente (già fattorizzato per $(\gamma_r)=1,1$.) sia il valore reale ottenuto dal calcolo non fattorizzato.

In allegato alla presente relazione sono riportati i tabulati di input ed output del programma macstars W 4,0 contenenti il dettaglio calcolo dei dati di input e delle verifiche di stabilità globale per la sezione appena descritta.

9.1.2 Verifiche di corpo rigido

Le verifiche come Muro di Sostegno comprendono le verifiche allo scorrimento, al ribaltamento e alla capacità portante.

Nella tabella seguente si riportano i coefficienti di sicurezza, al variare della combinazione e della tipologia di verifica.

Tabella 10: *Coefficienti di sicurezza analisi di corpo rigido*

Combinazione	Fs scorrimento	Fs ribaltamento	Fs capacità portante
Statica	3.364	15.51	1.219
Sismica	3.114	10.45	1.328

Come si evince dalla tabella precedente tutte le verifiche di corpo rigido risultano soddisfatte per la terra rinforzata in esame.

In allegato alla presente relazione sono riportati i tabulati di input ed output del programma macstars W 4,0, contenenti il dettaglio calcolo dei dati di input e delle verifiche di muro di sostegno per la sezione appena descritta.

9.2 SEZIONE 25

La terra rinforzata nella sezione in esame presenta le seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche dei blocchi.

Tabella 11: *Caratteristiche geometriche e meccaniche dei blocchi in t.r.*

Blocco	Larghezza (m)	Altezza (m)	Lunghezza rinf. (m)	Resistenza rinf. (m)
Blocco DX0	8.50	0.60	8.50	50 kN/m
Blocco DX1	7.00	3.80	7.00	50 kN/m
Blocco DX2	3.00	1.52	3.00	50 kN/m

Nella figura seguente si riporta il modello di input della terra rinforzata.

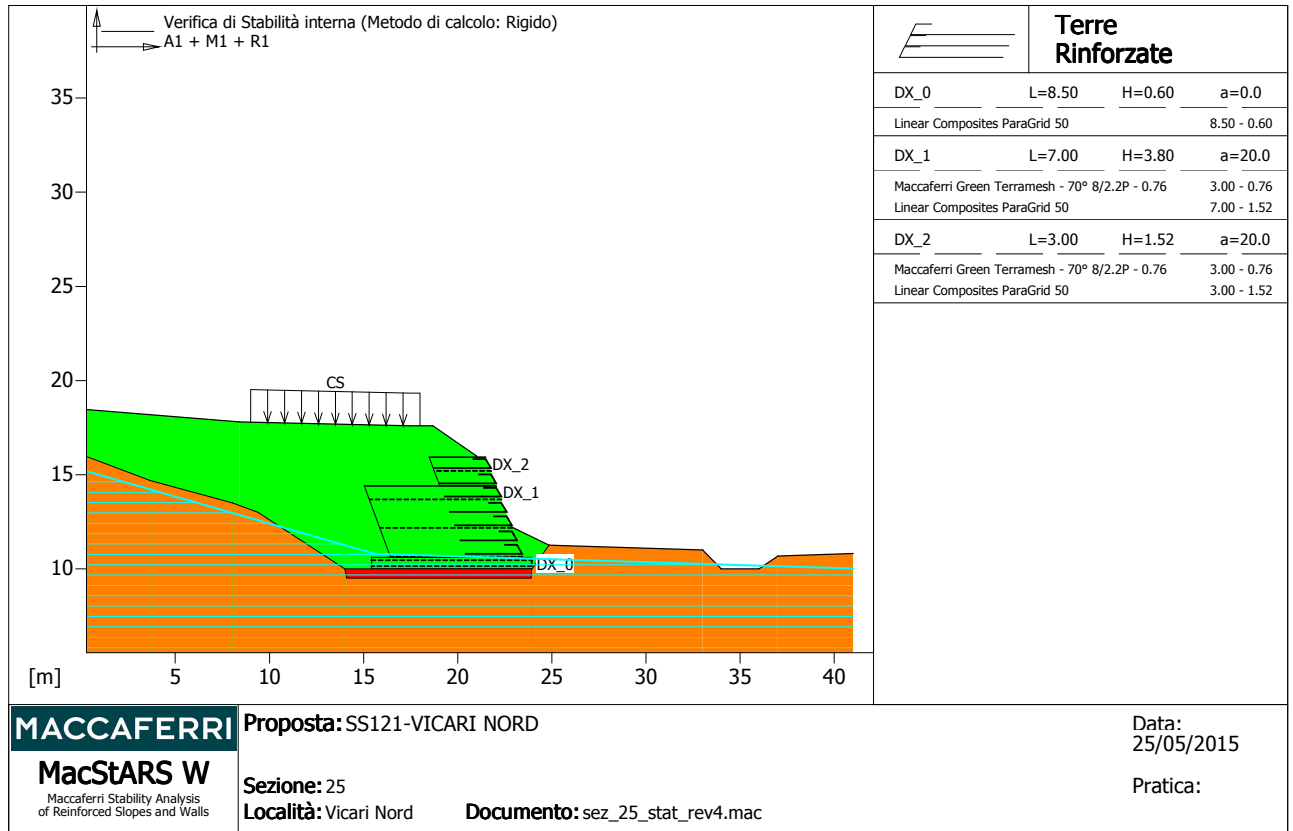


Figura 5. Input di calcolo modello terra rinforzata sez 25 (PED)

9.2.1 Verifiche di stabilità

Le verifiche di stabilità comprendono le verifiche di stabilità globale e le verifiche di stabilità interna. Nella tabella seguente si riportano i coefficienti di sicurezza, ottenuti nelle verifiche al variare della combinazione e della tipologia di verifica.

Tabella 12: Coefficienti di sicurezza analisi di stabilità

Combinazione	Fs stab globale		Fs stab interna
	Valore di Fs output del programma (fattorizzato per $\gamma_{R=1.1}$)	valore di Fs non diviso per $\gamma_{R=1.1}$	
Statica	1.212	1.454	1.608
Sismica	1.096	1.205	1.652

Come si evince dalla tabella precedente tutte le verifiche di stabilità, globale e interna, risultano ampiamente soddisfatte per la sezione analizzata.

Riguardo alla verifica di stabilità globale, si coglie l'occasione per chiarire che il programma Macstars W, divide (fattorizza) automaticamente il coefficiente di sicurezza ottenuto dal calcolo, per il fattore di sicurezza previsto dalla normativa NTC 2008, $R(\gamma_r)=1,1$. Per maggiore chiarezza nella tabella sopra riportate è stato espresso sia il valore fornito direttamente dall'output del programma del suddetto coefficiente (già fattorizzato per $(\gamma_r)=1,1$.) sia il valore reale ottenuto dal calcolo non fattorizzato.

In allegato alla presente relazione sono riportati i tabulati di input ed output del programma macstars W 4,0 contenenti il dettaglio calcolo dei dati di input e delle verifiche di stabilità globale per la sezione appena descritta.

9.2.2 Verifiche di corpo rigido

Le verifiche come Muro di Sostegno comprendono le verifiche allo scorrimento, al ribaltamento e alla capacità portante.

Nella tabella seguente si riportano i coefficienti di sicurezza, ottenuti nelle verifiche ,al variare della combinazione e della tipologia di verifica.

Tabella 13: Coefficienti di sicurezza analisi di corpo rigido

Combinazione	Fs scorrimento	Fs ribaltamento	Fs capacità portante
Statica	3.663	9.994	1.547
Sismica	3.063	7.472	1.594

Come si evince dalla tabella precedente tutte le verifiche di corpo rigido risultano soddisfatte per la sezione analizzata

In allegato alla presente relazione sono riportati i tabulati di input ed output del programma macstars W 4,0, contenenti il dettaglio calcolo dei dati di input e delle verifiche di muro di sostegno per la sezione appena descritta.

10 BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA [1984] - "Raccomandazioni sui pali di fondazione"
- BALDI G., BELLOTTI R., GHIONNA V., JAMIOLKOWSKI M., PASQUALINI E. (1981) "Cone Resistance in Dry NC and OC sands", ASCE Symp. on Cone Penetration Testing and Experience, St. Louis.
- BARLA G., BECCI B., COLOMBO A., NOVA R., PEDUZZI R. (1988) "A method for the analysis and design of flexible retaining structures. Application to a strutted excavation", Proceedings of the Sixth Conference on Numerical Methods in Geomechanics, Innsbruck
- BATHE, K.J. (1996), "Finite element procedure", Prentice Hall
- BECCI, B., NOVA, R. (1987) "Un metodo di calcolo automatico per il progetto di paratie", Rivista Italiana di Geotecnica
- BISHOP, A. W. (1955) "The use of the slip circle in the stability analysis of slopes", Geotechnique
- BOLTON, M.D., (1986) "The strength and dilatancy of sands", Geotechnique 36, 1, 65-78.
- BOWLES J.E. (1988) "Foundation Analysis and design", 4th ed. McGraw-Hill
- BRANSBY P.L., MILLIGAN G.W.E. (1975) "Soil Deformations near Cantilever Sheet Pile Walls", Geotechnique
- BRINCH-HANSEN, J. [1970] - "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- BUSTAMANTE M., GIANESELLI L.. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.
- CAQUOT A. & KERISEL J. (1948) "Tables for the Calculation of Passive Pressure, Active Pressure and Bearing Capacity of Foundations", Gautiers-Villars, Paris
- CAQUOT A., KERISEL J., ABSI E., (1973) "Tables de butée et de poussée", Gautiers-Villars, Paris
- CESTARI F. (1990) "Prove geotecniche in sito", Geo-Graph
- CESTELLI-GUIDI C. (1984) "Geotecnica e tecnica delle fondazioni", Hoepli
- CLOUGH, G. W. AND O'ROURKE, T. D. (1990). "Construction induced movements of in-situ walls." Design and Performance of Earth Retaining Structures, Proceedings of a Specialty Conference at Cornell University, ASCE, New York
- COMITATO EUROPEO DI NORMAZIONE (CEN) (1994) "ENV 1997 - EUROCODICE 7 –

Progettazione geotecnica" Parte 1: Regole generali (Norma UNI ENV 1997-1, aprile 1997).

- CUBRINOVSKY M.C. & ISHIHARA K, (1999) "Empirical correlations between SPT N-value and relative density for sandy soils", Soils and Foundations
- CUNDALL P., BOARD M. (1988) "A microcomputer program for modelling large-strain plasticity problems", Proceedings of the Sixth Conference on Numerical Methods in Geomechanics, Innsbruck
- D'APPOLONIA D.J., D'APPOLONIA E., BRISETTE R.F. (1970) "Discussion on settlements of spread footings in sand", ASCE J. SMFD 96.
- DE BEER, E.E., LADANYI, B. [1961] - "Etude experimentale de la capacite portante du sable sous des fondations circulaires etablies en surface". 5th ICSMFE, Paris, 1, 577-581.
- DUNCAN J. M. & BUCHIGANI A. L., (1976) "An Engineering Manual for Settlements Studies", Dept. of Civil Engineering, Univ. of California, Berkeley
- FELLENIUS, W. (1936) "Calculation of the stability of earth dams", Proceedings of the Second Congress in Large Dams
- FENELLI G.B. & PAGANO L., (1999) "Computing Top-Beam Effects in Retaining Walls", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 125, 8, 665-672
- FLEMING W.G.K., WELTMAN A.J., RANDOLPH M.F., ELSON W.K., (1992) "Piling Engineering", 2nded., Blackie
- GROUP 5.0 for windows [2000] – Technical & User's manual – Ensoft Inc.
- INTERACTIONS SOLS-STRUCTURES, pp. 657-664
- JAMIOLKOWSKI M. et al. [1983] - "Scale effects of ultimate pile capacity" - Discussion, JGED, ASCE.
- JAMIOLKOWSKI M., LANCELLOTTA R., MARCHETTI S., NOVA R., PASQUALINI E. (1979) "Design parameters for soft clays" 7 ECSMFE, Brighton
- JAMIOLKOWSKI M., PASQUALINI E. (1979) "Introduzione ai diversi metodi di calcolo dei diaframmi con riferimento ai parametri geotecnici che vi intervengono e alla loro determinazione sperimentale" Atti Istituto Scienza delle Costruzioni, Politecnico di Torino
- JANBU N. (1963) "Soil compressibility as determined by oedometer and triaxial tests" 3 ECSMFE, Wiesbaden
- KUNG G. T. C., JUANG C. H., HSIAO E. C. L., AND Y. M. A. HASHASH (2007) "Simplified Model for Wall Deflection and Ground-Surface Settlement Caused by Braced Excavation in Clays" ASCE J. Geotech. and Geoenviron. Engrg.
- LADD C.C., FOOT R., ISHIHARA K., SCALLOSSER F, POULOS H.G, (1977) "Stress-deformation and Strength characteristics"

- LAMBE T.W., WHITMAN R.V. (1969) "Soil Mechanics", John Wiley & Sons, Inc.
- LANCELLOTTA R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- LIAO, S..C. and WHITMAN, R.V. (1986). "Overburden correction factors for SPT in sand" Journal of Geotechnical Engineering
- MEYERHOF G.G., SASTRY V.V.R.N. [1978] - "Bearing capacity of piles in layered soils. Part 1. Clay overlying sand" - Canadian Geotechnical Journal, 15,171-182, 183-189.
- MEYERHOF, G.G. [1951] - "Some recent research on the bearing capacity of foundations" - Canadian Geotechnical Journal,1, 16-26
- MORGENSTERN, N. R., PRICE, V. E., (1965) "The analysis of the stability of general slip surfaces", Geotechnique
- NAVFAC (1986) "Design Manual D:M 7.02 -Foundations and earth structures", USA
- NOVA,R. , (1978) "Geotecnica",ed. CLUP, Milano
- NOVA,R.,BECCI,B. (1987) "A method for analysis and design for flexible retaining structures", Proc. Conf.
- POULOS, H.G., DAVIS, E.H. (1980) - "Pile foundation analysis and design", John Wiley & Sons.
- RANDOLPH M. F., (1981) "The response of flexible piles to lateral loading" , Geotechnique
- REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1975] - "Field testing and analysis of laterally loaded piles in stiff clay" – Paper N° OCT 2313, Proceedings, Seventh Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
- REESE L.C., WELCH R.C. [1975] - "Lateral loading of deep foundations in stiff clay" – Journal of the geotechnical Division, ASCE, Vol. 101, No GT7, Proceedings Paper 11456, 1975, pp. 633 – 649.
- REESE L.C., WRIGHT S.J. [1977] - "Drilled shaft manual" - U.S. Dept. Transportation, Offices of Research and Development, Implementation Div., HDV 2, Whashington D.C., vol.1
- SCHMERTMANN J.H. (1977) "Interpreting the Dynamics of Standard Penetration Test", Univ. of Florida, Gainesville (USA)
- SCOTT R.F. (1981) "Foundation analysis", Prentice Hall
- SKEMPTON, A. W. [1951] - "The bearing capacity of clays" - Building Research Congress, London, 1, 180-189.
- TIMOSHENKO, S. P., GOODIER, J. N. (1970), "Theory of Elasticity", 3th ed. McGraw-Hill
- VESIC, A.S. [1970] - "Tests on instrumented Piles, Ogeechee River Site" - JSMFD, ASCE, V. 96, N. SM2, Proc. Paper 7170, March.

- VESIC, A.S. [1973] - "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations". - JSMFD, ASCE, Jan., 45-73.
- VIGGIANI C. (1999) "Fondazioni", Hevelius Edizioni
- VIGGIANI G. & ATKINSON J. H., (1995) "Stiffness of fine-grained soil at very small strains" , Geotechnique
- WELCH, R.C., REESE L.C. [1972] - "Laterally loaded Behavior of drilled shafts" – Research Report N° 3-5-65-89, conducted for Texas Highway Department and U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, by Center for Highway Research, The University of Austin.

11 ALLEGATI OUTPUT SEZIONI DI VERIFICA

ALLEGATO 1: TABULATI DI CALCOLO VERIFICA SEZIONE 10 - STATICA

ALLEGATO 2: TABULATI DI CALCOLO VERIFICA SEZIONE 10 – SISMICA

ALLEGATO 3: TABULATI DI CALCOLO VERIFICA SEZIONE 25 - STATICA

ALLEGATO 4: TABULATI DI CALCOLO VERIFICA SEZIONE 25 – SISMICA

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...: SS121-VICARI NORD

Sezione...: 10

Località...: Vicari Nord

Pratica...:

File...: sez_10_stat_rev4.mac

Data...: 25/05/2015

Verifiche condotte in accordo alla normativa : Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008
Verifiche nei confronti dello SLU

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	2
PROFILI STRATIGRAFICI	2
PROFILI FALDE FREATICHE.....	3
BLOCCHI RINFORZATI	3
Blocco : DX_0.....	3
Blocco : DX_1.....	3
Blocco : DX_2.....	4
CARICHI.....	4
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	4
VERIFICHE.....	6
Verifica di stabilità interna :	6
Verifica di stabilità globale :	8
Verifica come muro di sostegno :	10
Verifica come muro di sostegno :	11

Strato: RS

Descrizione: Rilevato stradale

Terreno : RS

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	16.70	8.43	16.10	19.43	16.00	21.75	14.45
22.38	11.80	24.84	11.75				

PROFILI FALDE FREATICHE**Falda: FALDA**

Descrizione: Falda

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
0.00	15.26			16.00	10.60		
24.00	10.50			34.00	6.20		

BLOCCHI RINFORZATI**Blocco : DX_0**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 10.00 Altezza.....= 0.60
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 23.80 Ordinata.....= 10.00
 Inclinazione paramento...[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RS
 Terreno di riempimento a tergo.....: RS
 Terreno di copertura.....: RS
 Terreno di fondazione.....: LSA

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 - ParaGrid - 50

Lunghezza.....[m].....= 10.00
 Interasse.....[m].....= 0.60
 Risvolto.....[m].....= 10.00

Blocco : DX_1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 7.00 Altezza.....= 2.28
 Arretramento.....[m].....= 0.50 da DX_0
 Inclinazione paramento...[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RS
 Terreno di riempimento a tergo.....: RS
 Terreno di copertura.....: RS
 Terreno di fondazione.....: RS

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 - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76

Lunghezza.....[m].....= 3.00
 Interasse.....[m].....= 0.76
 Risvolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 50

Lunghezza.....[m].....= 7.00
Interasse verticale.....[m].....= 1.52
Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : DX_2

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 6.00 Altezza.....= 1.52
Arretramento.....[m].....= 0.00 da DX_1
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
Rilevato strutturale.....: RS
Terreno di riempimento a tergo.....: RS
Terreno di copertura.....: RS
Terreno di fondazione.....: RS

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 - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76

Lunghezza.....[m].....= 3.00
Interasse.....[m].....= 0.76
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 50

Lunghezza.....[m].....= 6.00
Interasse verticale.....[m].....= 1.52
Offset.....[m].....= 0.76

CARICHI**Pressione : CS**

Descrizione : Carico stradale

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²]..= 20.00 Inclinazione.....[°]..= 0.00
Ascissa.....[m] : Da = 9.00 To = 18.00

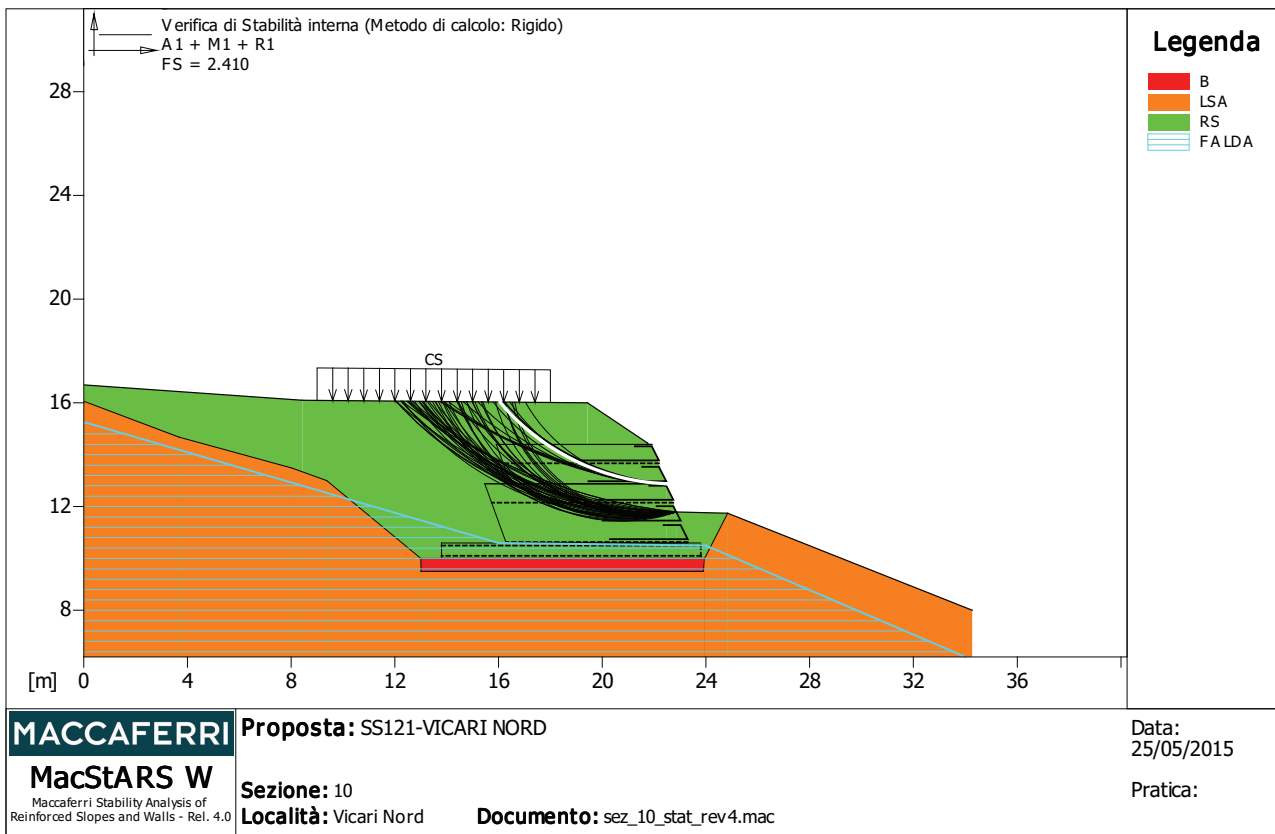
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaGrid - 50

Carico di rottura Nominale Tr[kN/m].....: 50.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN].....: 1.10e-04
Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 415.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....: 0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....: 1.72
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....: 1.55
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....: 1.55
Coefficiente di sicurezza al Pull-out: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....: 1.55
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.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.40
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76		
Carico di rottura Nominale Tr..... [kN/m]	:	35.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico..... [m ³ /kN]	:	1.10e-04
Rigidezza estensionale..... [kN/m]	:	330.00
Lunghezza minima di ancoraggio..... [m]	:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.17
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.17
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.17
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 + R1
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop
 Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 2.410

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
DX_1	12.00	21.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

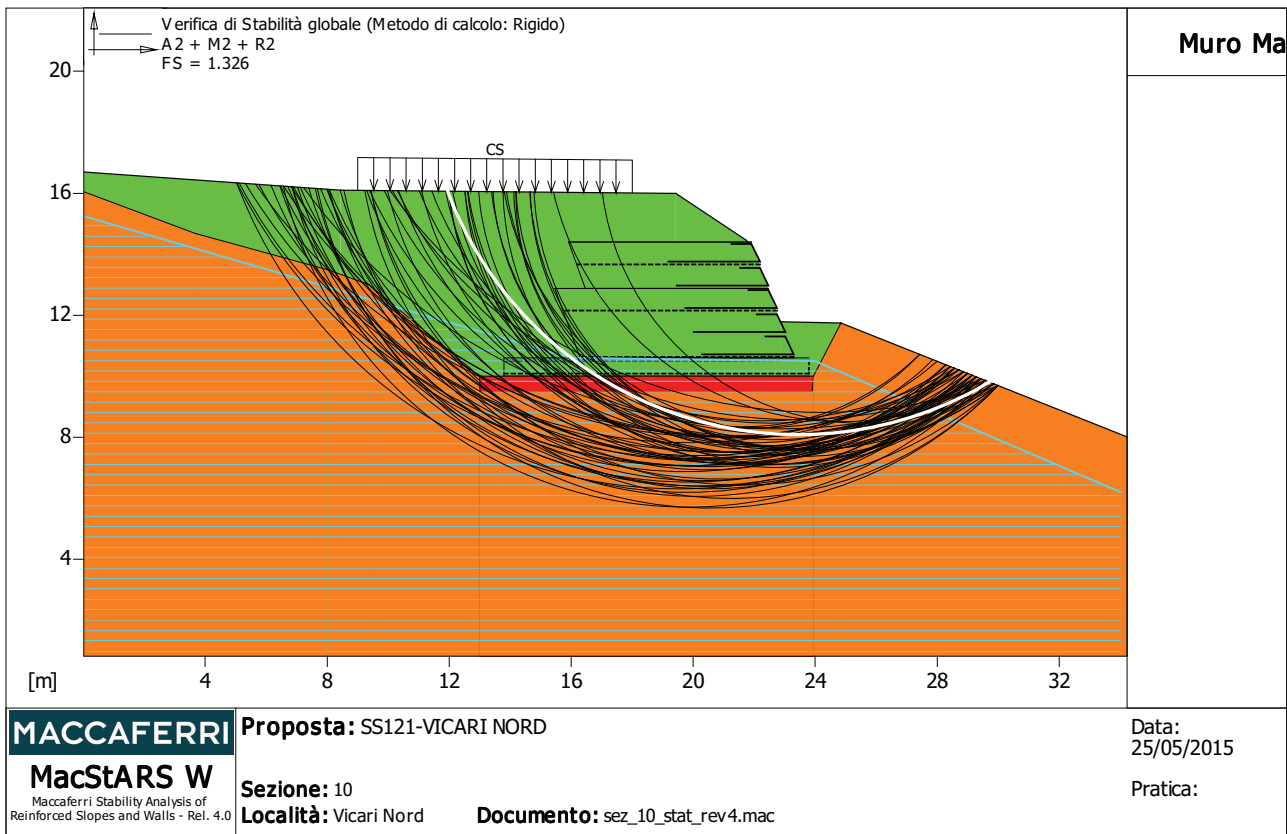
Blocco : DX_2

Linear Composites - ParaGrid - 50

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.760	50.0	70.8	29.1	1.72	2.43

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



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.....: 1.326

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
5.00	18.00	23.00	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	

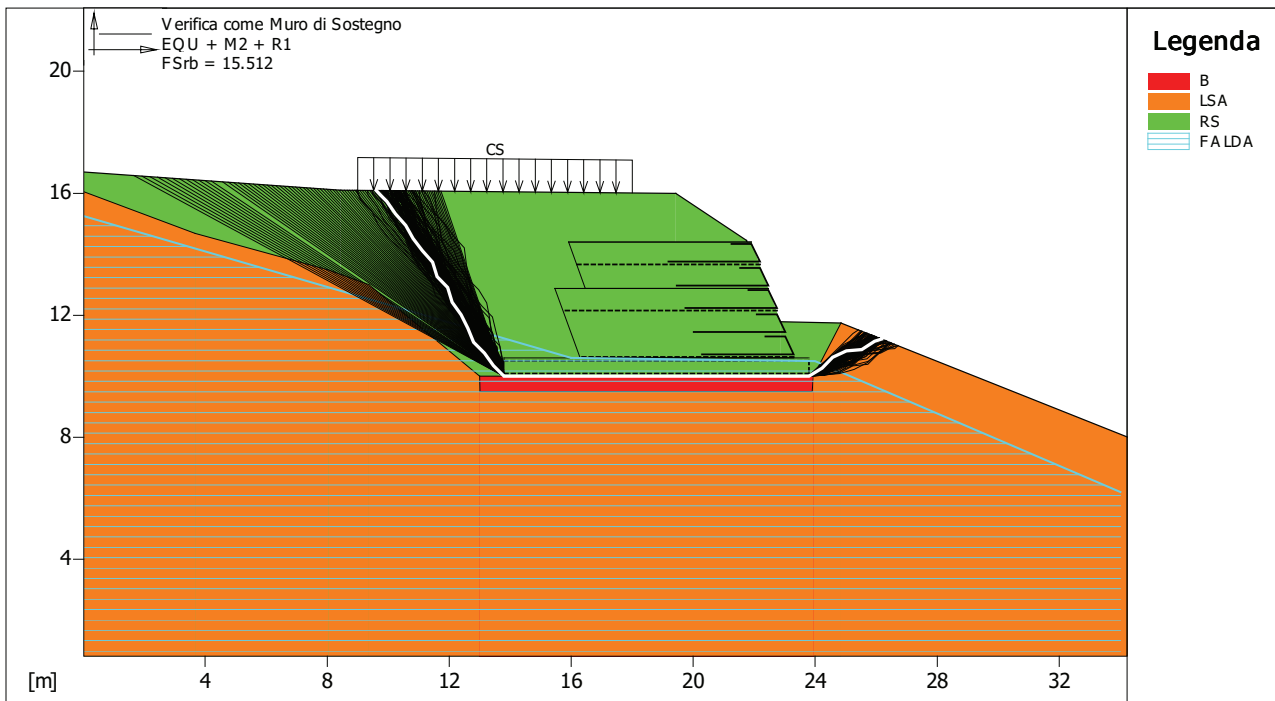
Blocco : DX_0

Linear Composites - ParaGrid - 50

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	50.0	371.4	29.1	1.72	12.76

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
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	Fs Rottura Rinforzi

1.00 Fs Sfilamento Rinforzi
1.10 Coeff. Parziale R - Stabilità



<p>MACCAFERRI</p> <p>MacStARS W <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</small></p>	<p>Proposta: SS121-VICARI NORD</p>	<p>Data: 25/05/2015</p>
	<p>Sezione: 10</p> <p>Località: Vicari Nord</p> <p>Documento: sez_10_stat_rev4.mac</p>	<p>Pratica:</p>

Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : DX_0

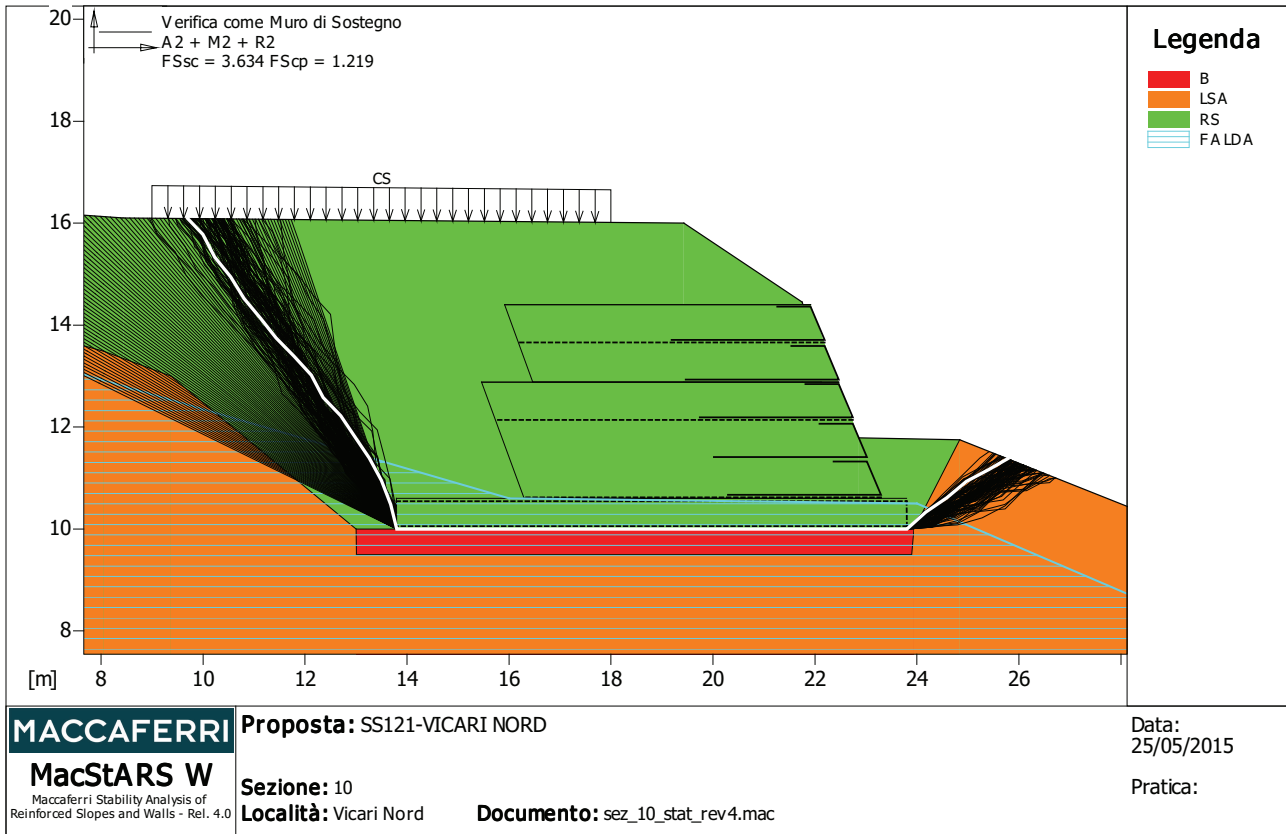
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 5901.50

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 380.44

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 15.512

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
0.90	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Stabilità verificata sul blocco : DX_0

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 606.01

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 166.78

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.634

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 133.41

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 109.46

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.219

Fondazione equivalente.....[m].....: 10.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.52

Braccio momento.....[m].....: 2.28

Forza normale.....[kN].....: 1081.80

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 78.73

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 162.71

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante

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...: SS121-VICARI NORD

Sezione...: 10

Località...: Vicari Nord

Pratica...:

File...: sez_10_rev4.mac

Data...: 25/05/2015

Verifiche condotte in accordo alla normativa : Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008
Verifiche nei confronti dello SLU

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	2
PROFILI STRATIGRAFICI	2
PROFILI FALDE FREATICHE.....	3
BLOCCHI RINFORZATI	3
Blocco : DX_0.....	3
Blocco : DX_1.....	3
Blocco : DX_2.....	4
CARICHI.....	4
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	4
VERIFICHE.....	6
Verifica di stabilità globale :.....	6
Verifica di stabilità interna :	7
Verifica come muro di sostegno :	9
Verifica come muro di sostegno :	10

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : B	Descrizione : Bonifica
Classe coesione.....	Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²].....: 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 ³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].....: 21.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : LSA	Descrizione : Limo sabbioso argilloso
Classe coesione.....	Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²].....: 5.00
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 ³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].....: 20.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : RS	Descrizione :
Classe coesione.....	Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²].....: 0.00
Classe d'attrito.....	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 38.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³].....: 20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].....: 21.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: B	Descrizione:						
Terreno : B							
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
13.00	10.00	23.94	10.00				

Strato: LSA	Descrizione: Limo sabbioso argilloso						
Terreno : LSA							
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	16.06	3.67	14.68	8.04	13.49	9.37	13.00
13.00	10.00	13.01	9.50	23.90	9.50	23.94	10.00
24.84	11.75	34.26	8.00				

Strato: RS

Descrizione: Rilevato stradale

Terreno : RS

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	16.70	8.43	16.10	19.43	16.00	21.75	14.45
22.38	11.80	24.84	11.75				

PROFILI FALDE FREATICHE**Falda: FALDA**

Descrizione: Falda

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
0.00	15.26			16.00	10.60		
24.00	10.50			34.00	6.20		

BLOCCHI RINFORZATI**Blocco : DX_0**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 10.00 Altezza.....= 0.60
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 23.80 Ordinata.....= 10.00
 Inclinazione paramento...[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RS
 Terreno di riempimento a tergo.....: RS
 Terreno di copertura.....: RS
 Terreno di fondazione.....: LSA

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 - ParaGrid - 50_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 10.00
 Interasse.....[m].....= 0.60
 Risvolto.....[m].....= 10.00

Blocco : DX_1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 7.00 Altezza.....= 2.28
 Arretramento.....[m].....= 0.50 da DX_0
 Inclinazione paramento...[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RS
 Terreno di riempimento a tergo.....: RS
 Terreno di copertura.....: RS
 Terreno di fondazione.....: RS

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 - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76

Lunghezza.....[m].....= 3.00
 Interasse.....[m].....= 0.76
 Risvolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 50_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 7.00
Interasse verticale.....[m].....= 1.52
Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : DX_2

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 6.00 Altezza.....= 1.52
Arretramento.....[m].....= 0.00 da DX_1
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
Rilevato strutturale.....: RS
Terreno di riempimento a tergo.....: RS
Terreno di copertura.....: RS
Terreno di fondazione.....: RS

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 - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76

Lunghezza.....[m].....= 3.00
Interasse.....[m].....= 0.76
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 50_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 6.00
Interasse verticale.....[m].....= 1.52
Offset.....[m].....= 0.76

CARICHI**Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²].....: Orizzontale.....= 0.43 Verticale.....= 0.22

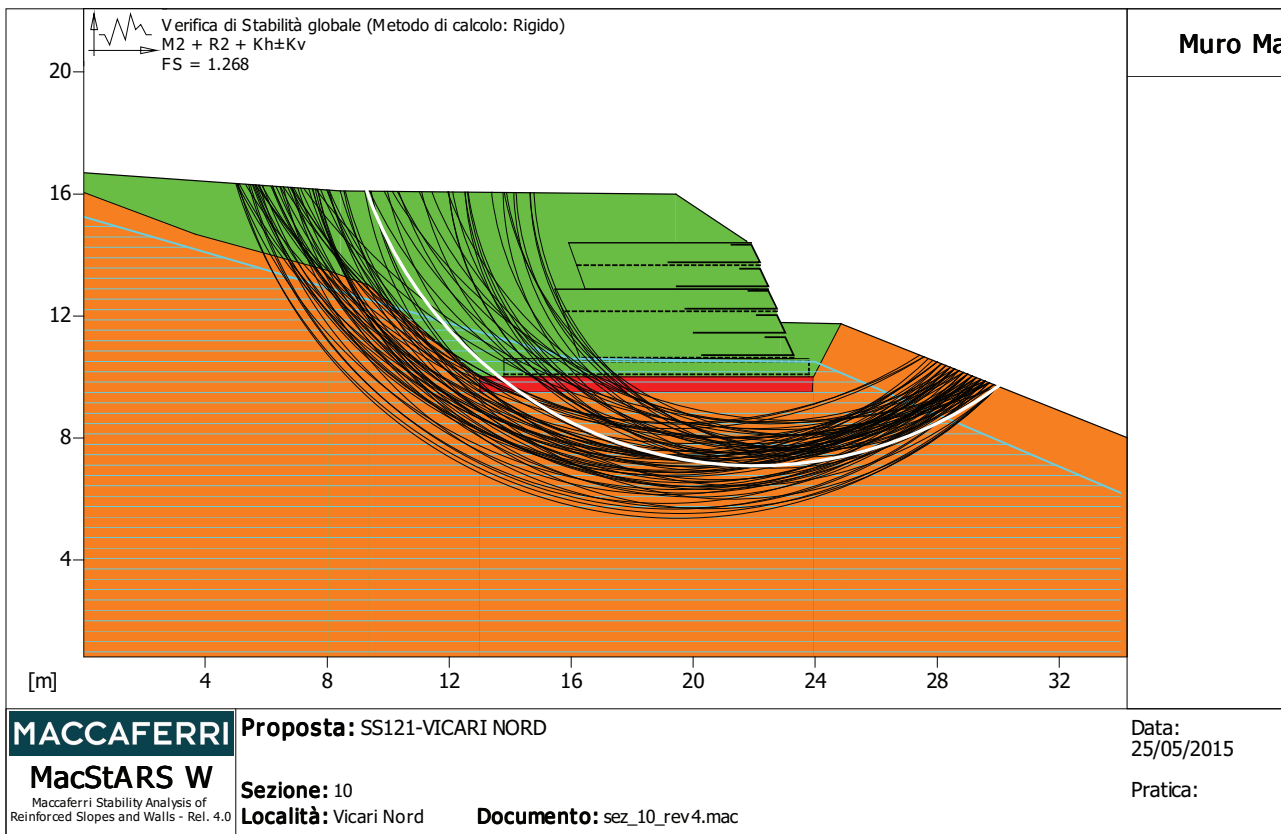
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaGrid - 50_Seismic

Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m].....: 50.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN].....: 1.10e-04
Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 415.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....: 0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....: 1.25
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....: 1.12
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....: 1.12
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....: 1.12
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.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.40
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76		
Carico di rottura Nominale Tr..... [kN/m]	:	35.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico..... [m ³ /kN]	:	1.10e-04
Rigidezza estensionale..... [kN/m]	:	330.00
Lunghezza minima di ancoraggio..... [m]	:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.17
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.17
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.17
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 globale :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

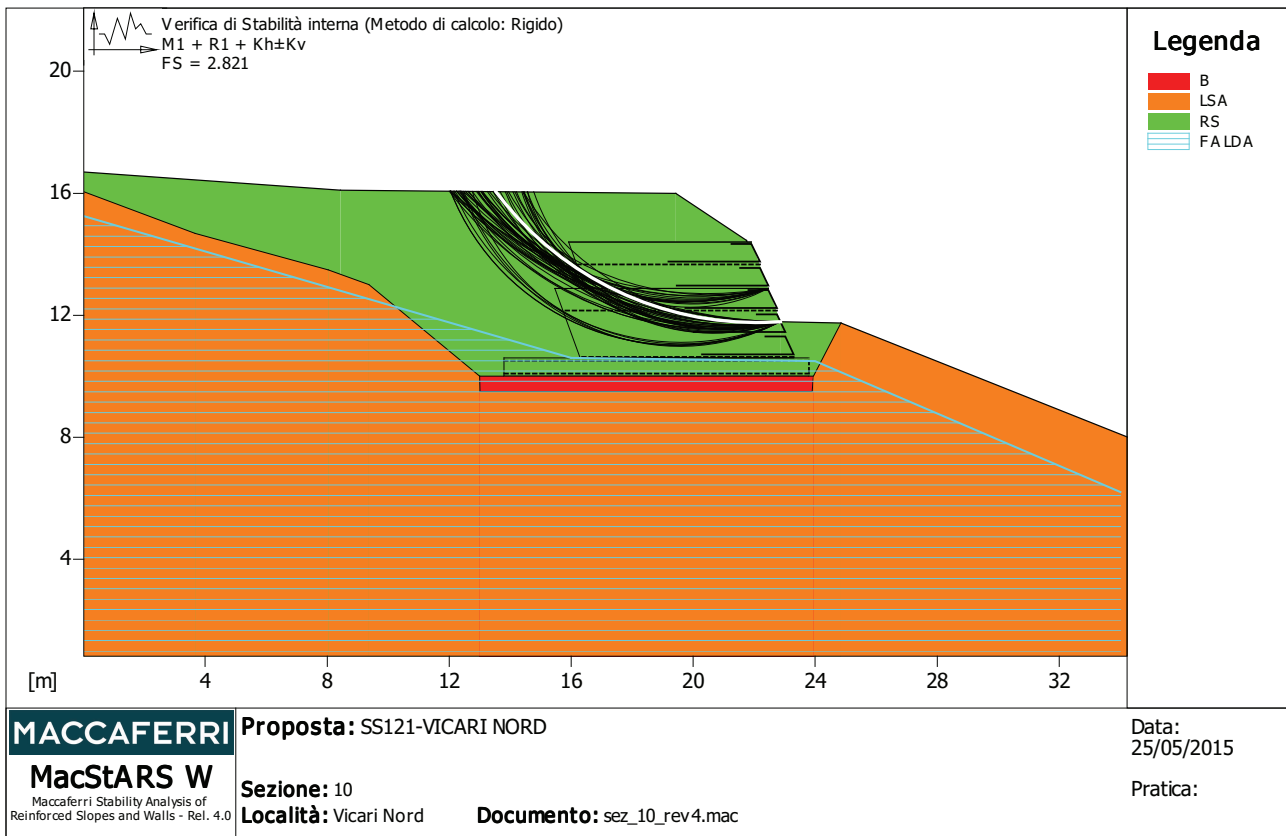
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.268

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
5.00	18.00	23.00	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	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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R1 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 2.821

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
DX_1	12.00	21.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

Blocco : DX_1

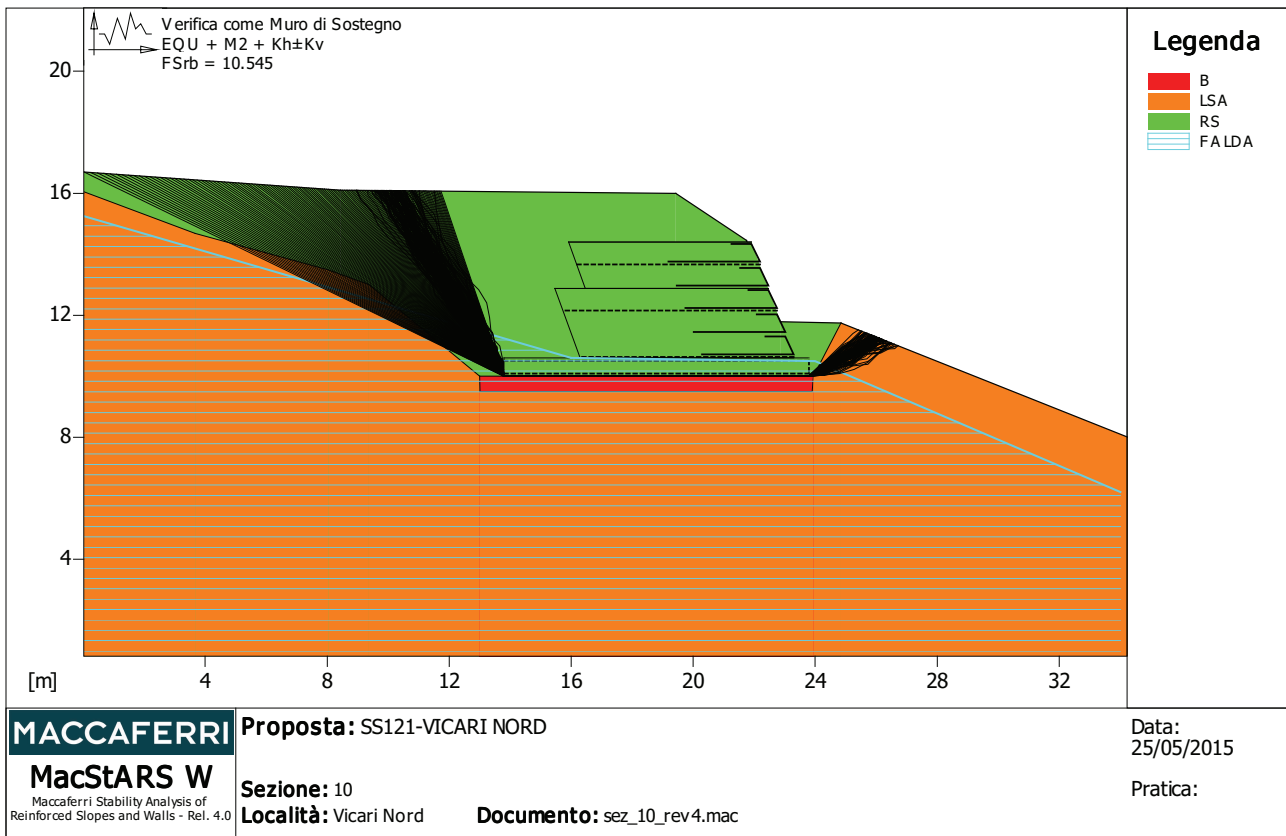
Linear Composites - ParaGrid - 50_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
1.520	50.0	162.3	40.0	1.25	4.06

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi

1.00
1.00

Fs Sfilamento Rinforzi
Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : DX_0

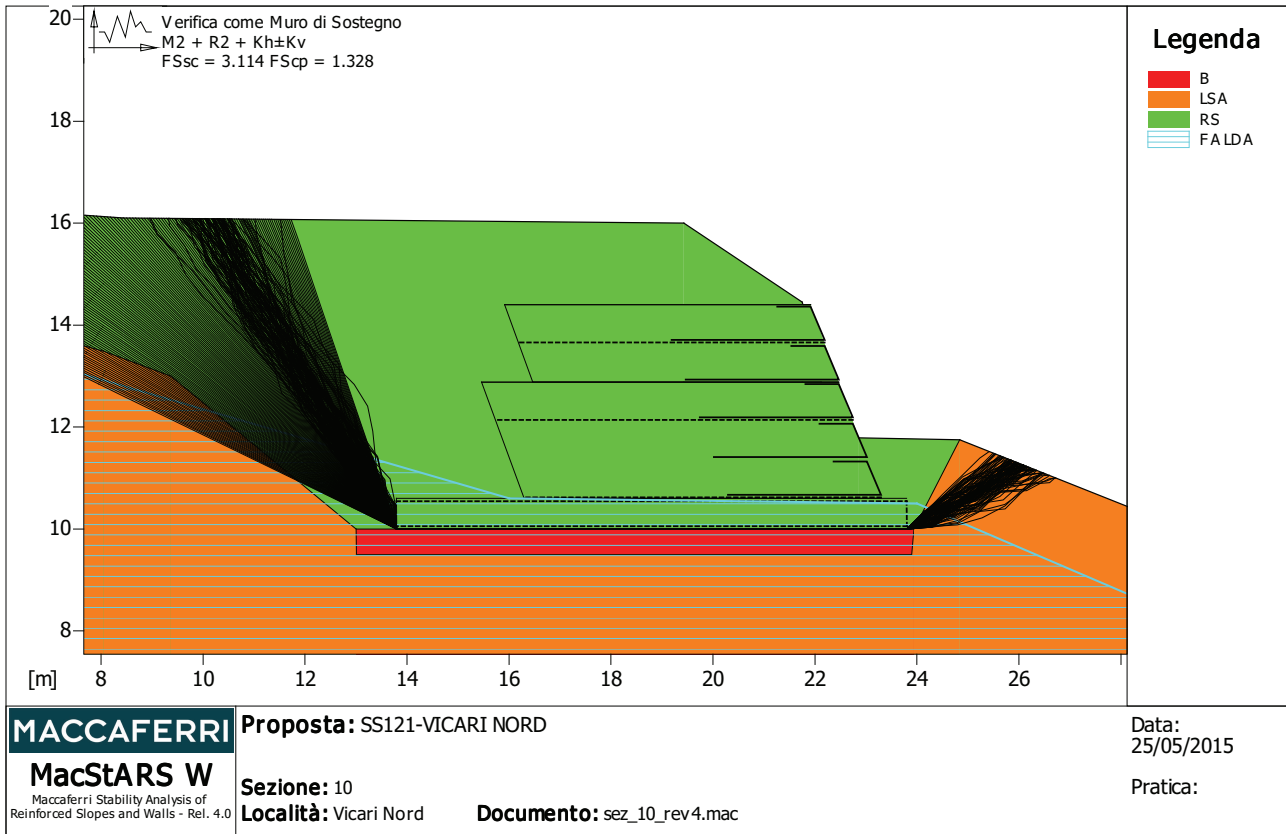
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 5486.80

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 520.31

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 10.545

Fattore	Classe
1.00	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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : DX_0

Forza Stabilizzante.....[kN/m] : 531.96

Forza Instabilizzante.....[kN/m] : 170.83

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.114

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²] : 128.15

Pressione media agente.....[kN/m²] : 96.49

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.328

Fondazione equivalente.....[m] : 10.00

Eccentricità forza normale.....[m] : -0.23

Braccio momento.....[m] : 3.05

Forza normale.....[kN] : 949.65

Pressione estremo di valle.....[kN/m²] : 85.15

Pressione estremo di monte.....[kN/m²] : 113.93

Fattore	Classe
1.00	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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante

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... : SS121-VICARI NORD

Sezione... : 25

Località... : Vicari Nord

Pratica... :

File... : sez_25_stat_rev4.mac

Data... : 25/05/2015

Verifiche condotte in accordo alla normativa : Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008
Verifiche nei confronti dello SLU

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	2
PROFILI STRATIGRAFICI	2
PROFILI FALDE FREATICHE.....	3
BLOCCHI RINFORZATI	3
Blocco : DX_0.....	3
Blocco : DX_1.....	3
Blocco : DX_2.....	4
CARICHI.....	4
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	4
VERIFICHE.....	6
Verifica di stabilità globale :.....	6
Verifica di stabilità interna :	7
Verifica come muro di sostegno :	8
Verifica come muro di sostegno :	9

Strato: RS

Descrizione: Rilevato stradale

Terreno : RS

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	18.48	8.43	17.80	17.43	17.60	18.68	17.60
20.99	16.00	22.38	12.46	24.84	11.25		

PROFILI FALDE FREATICHE**Falda: FALDA**

Descrizione: Falda

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
0.00	15.26			15.61	10.80		
41.00	10.02						

BLOCCHI RINFORZATI**Blocco : DX_0**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 8.50 Altezza.....= 0.60
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 23.93 Ordinata.....= 10.00
 Inclinazione paramento...[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RS
 Terreno di riempimento a tergo.....: RS
 Terreno di copertura.....: RS
 Terreno di fondazione.....: LSA

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 - ParaGrid - 50

Lunghezza.....[m].....= 8.50
 Interasse.....[m].....= 0.60
 Risvolto.....[m].....= 8.50

Blocco : DX_1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 7.00 Altezza.....= 3.80
 Arretramento.....[m].....= 0.50 da DX_0
 Inclinazione paramento...[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RS
 Terreno di riempimento a tergo.....: RS
 Terreno di copertura.....: RS
 Terreno di fondazione.....: RS

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 - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76

Lunghezza.....[m].....= 3.00
 Interasse.....[m].....= 0.76
 Risvolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 50

Lunghezza.....[m].....= 7.00
 Interasse verticale.....[m].....= 1.52
 Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : DX_2

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 3.00 Altezza.....= 1.52
 Arretramento.....[m].....= 0.00 da DX_1
 Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RS
 Terreno di riempimento a tergo.....: RS
 Terreno di copertura.....: RS
 Terreno di fondazione.....: RS

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 - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76

Lunghezza.....[m].....= 3.00
 Interasse.....[m].....= 0.76
 Risvolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 50

Lunghezza.....[m].....= 3.00
 Interasse verticale.....[m].....= 1.52
 Offset.....[m].....= 0.76

CARICHI**Pressione : CS**

Descrizione : Carico stradale

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²]..= 20.00 Inclinazione.....[°]..= 0.00
 Ascissa.....[m] : Da = 9.00 To = 18.00

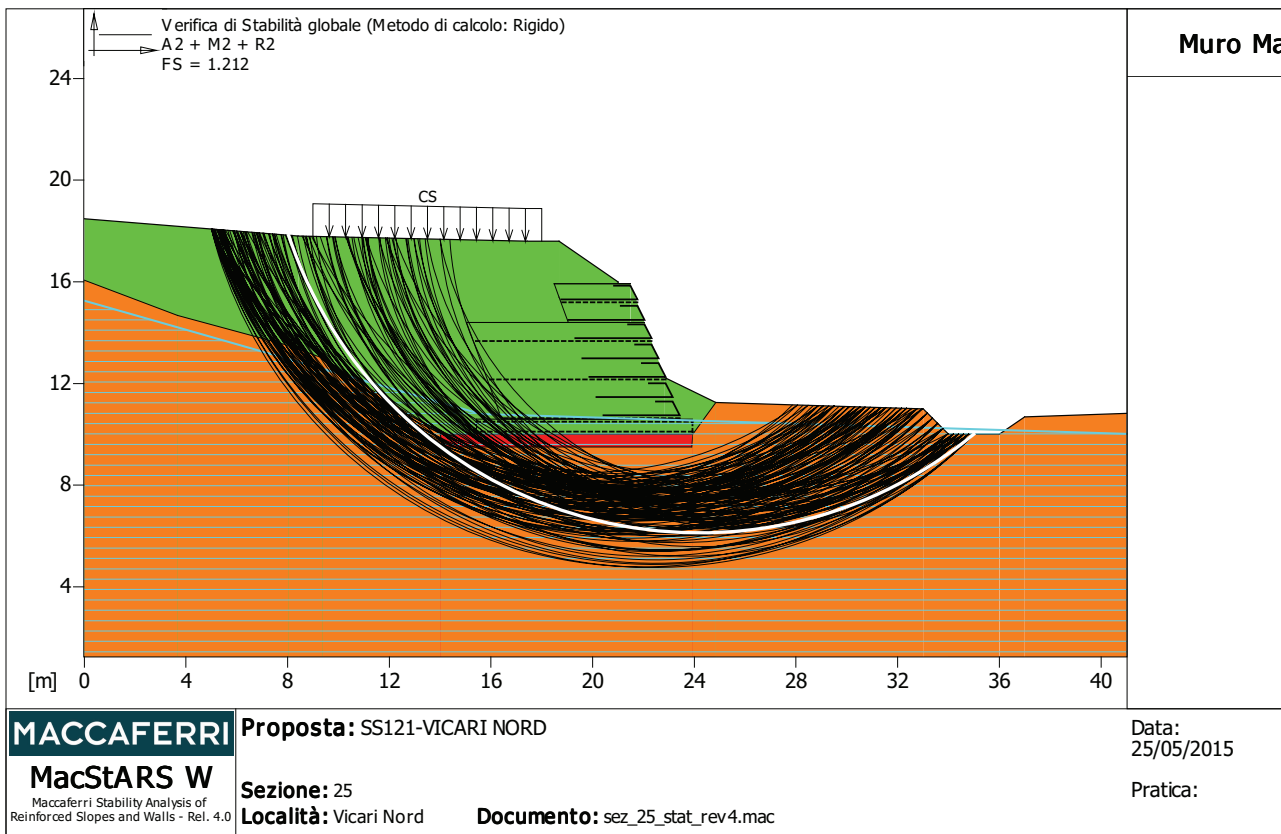
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaGrid - 50

Carico di rottura Nominale Tr[kN/m]..... : 50.00
 Rapporto di Scorrimento plastico..... : 0.00
 Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN]..... : 1.10e-04
 Rigidezza estensionale.....[kN/m]..... : 415.00
 Lunghezza minima di ancoraggio.....[m]..... : 0.15
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... : 1.72
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... : 1.55
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... : 1.55
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... : 1.55
 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.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.40
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76		
Carico di rottura Nominale Tr..... [kN/m]	:	35.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico..... [m ³ /kN]	:	1.10e-04
Rigidezza estensionale..... [kN/m]	:	330.00
Lunghezza minima di ancoraggio..... [m]	:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.17
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.17
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.17
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 globale :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

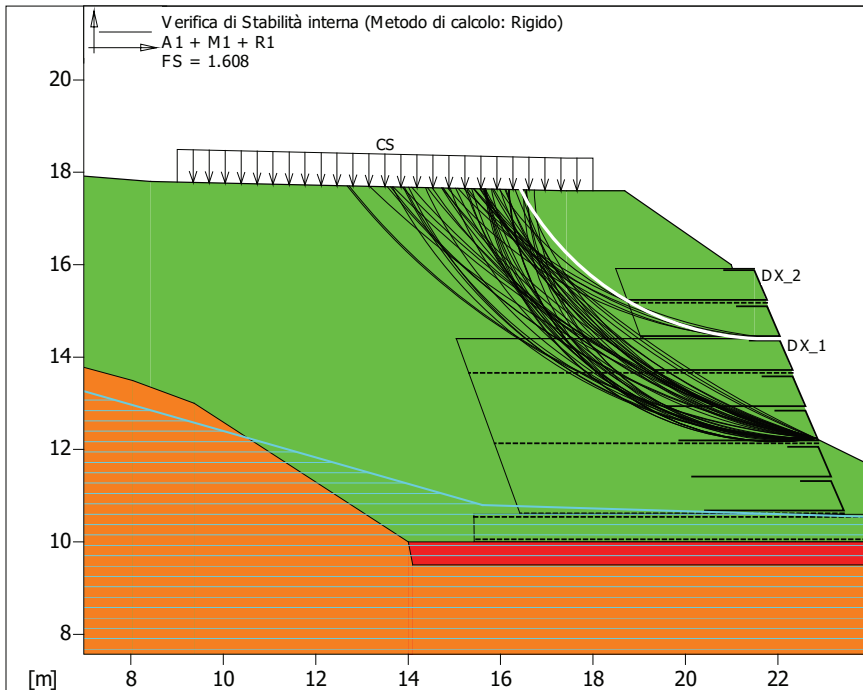
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.212

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
5.00	16.00	25.00	35.00
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
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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità



Terre Rinforzate			
DX_0	L=8.50	H=0.60	a=0.0
Linear Composites ParaGrid 50		8.50 - 0.60	
DX_1	L=7.00	H=3.80	a=20.0
Maccaferri Green Terramesh - 70° 8/2.2P - 0.76		3.00 - 0.76	
Linear Composites ParaGrid 50		7.00 - 1.52	
DX_2	L=3.00	H=1.52	a=20.0
Maccaferri Green Terramesh - 70° 8/2.2P - 0.76		3.00 - 0.76	
Linear Composites ParaGrid 50		3.00 - 1.52	

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

Proposta: SS121-VICARI NORD
Sezione: 25
Località: Vicari Nord
Documento: sez_25_stat_rev4.mac

Data: 25/05/2015
Pratica:

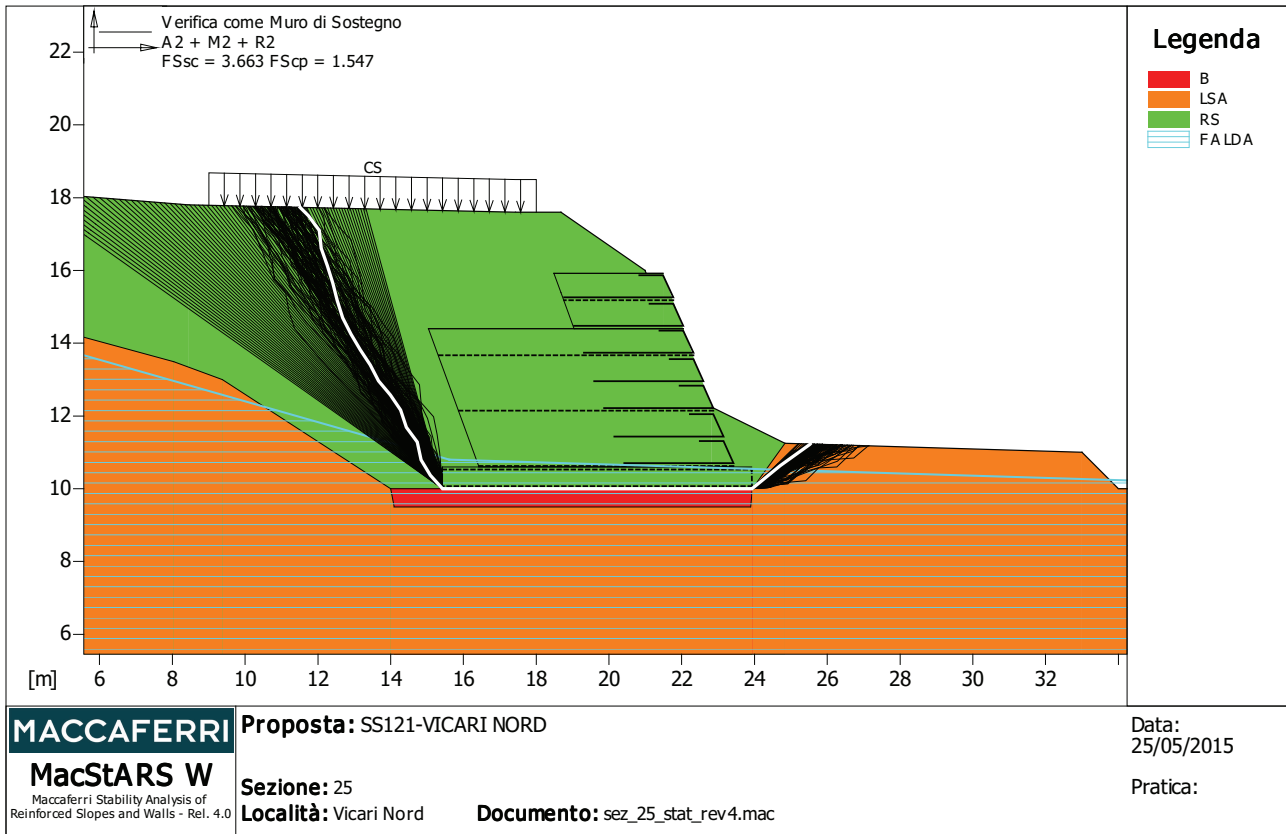
Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R1
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop
 Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.608

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
DX_1	12.00	20.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
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
1.50	Variabile - sfavorevole
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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Stabilità verificata sul blocco : DX_0

Forza Stabilizzante.....[kN/m] : 609.16

Forza Instabilizzante.....[kN/m] : 166.31

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.663

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²] : 200.20

Pressione media agente.....[kN/m²] : 129.43

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.547

Fondazione equivalente.....[m] : 8.50

Eccentricità forza normale.....[m] : -0.56

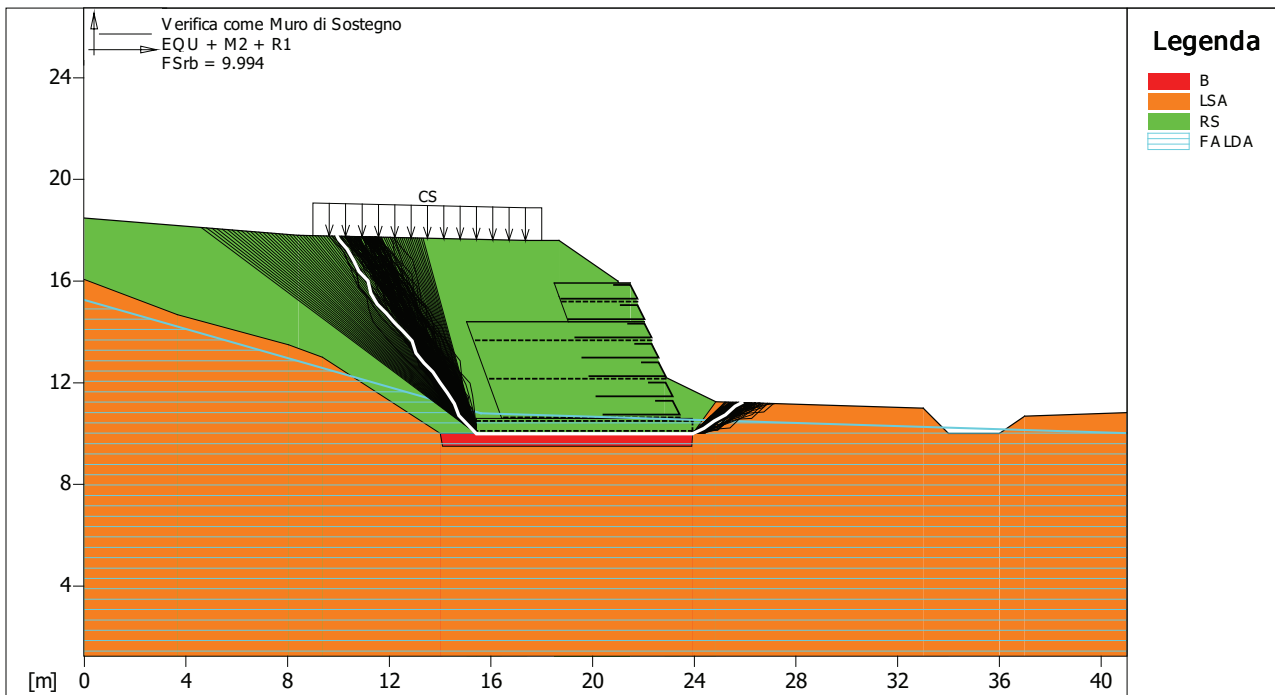
Braccio momento.....[m] : 3.25

Forza normale.....[kN] : 1087.50

Pressione estremo di valle.....[kN/m²] : 79.79

Pressione estremo di monte.....[kN/m²] : 215.26

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante



MACCAFERRI	Proposta: SS121-VICARI NORD	Data: 25/05/2015
MacStARS W <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</small>	Sezione: 25	Pratica:
	Località: Vicari Nord	Documento: sez_25_stat_rev4.mac

Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : DX_0

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 5316.70

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 531.99

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 9.994

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
0.90	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

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... : SS121-VICARI NORD

Sezione..... : 25

Località..... : Vicari Nord

Pratica..... :

File..... : sez_25_rev4.mac

Data..... : 25/05/2015

Verifiche condotte in accordo alla normativa : Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008
Verifiche nei confronti dello SLU

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	2
PROFILI STRATIGRAFICI	2
PROFILI FALDE FREATICHE.....	3
BLOCCHI RINFORZATI	3
Blocco : DX_0.....	3
Blocco : DX_1.....	3
Blocco : DX_2.....	4
CARICHI.....	4
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	4
VERIFICHE.....	6
Verifica come muro di sostegno :	6
Verifica di stabilità globale :	8
Verifica di stabilità interna :	9
Verifica come muro di sostegno :	10

Strato: RS

Descrizione: Rilevato stradale

Terreno : RS

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	18.48	8.43	17.80	17.43	17.60	18.68	17.60
20.99	16.00	22.38	12.46	24.84	11.25		

PROFILI FALDE FREATICHE**Falda: FALDA**

Descrizione: Falda

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
0.00	15.26			15.61	10.80		
41.00	10.02						

BLOCCHI RINFORZATI**Blocco : DX_0**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 8.50 Altezza.....= 0.60
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 23.93 Ordinata.....= 10.00
 Inclinazione paramento...[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RS
 Terreno di riempimento a tergo.....: RS
 Terreno di copertura.....: RS
 Terreno di fondazione.....: LSA

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 - ParaGrid - 50_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 8.50
 Interasse.....[m].....= 0.60
 Risvolto.....[m].....= 8.50

Blocco : DX_1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 7.00 Altezza.....= 3.80
 Arretramento.....[m].....= 0.50 da DX_0
 Inclinazione paramento...[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RS
 Terreno di riempimento a tergo.....: RS
 Terreno di copertura.....: RS
 Terreno di fondazione.....: RS

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 - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76

Lunghezza.....[m].....= 3.00
 Interasse.....[m].....= 0.76
 Risvolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 50_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 7.00
Interasse verticale.....[m].....= 1.52
Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : DX_2

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 3.00 Altezza.....= 1.52
Arretramento.....[m].....= 0.00 da DX_1
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
Rilevato strutturale.....: RS
Terreno di riempimento a tergo.....: RS
Terreno di copertura.....: RS
Terreno di fondazione.....: RS

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 - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76

Lunghezza.....[m].....= 3.00
Interasse.....[m].....= 0.76
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 50_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 3.00
Interasse verticale.....[m].....= 1.52
Offset.....[m].....= 0.76

CARICHI**Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²].....: Orizzontale.....= 0.43 Verticale.....= 0.22

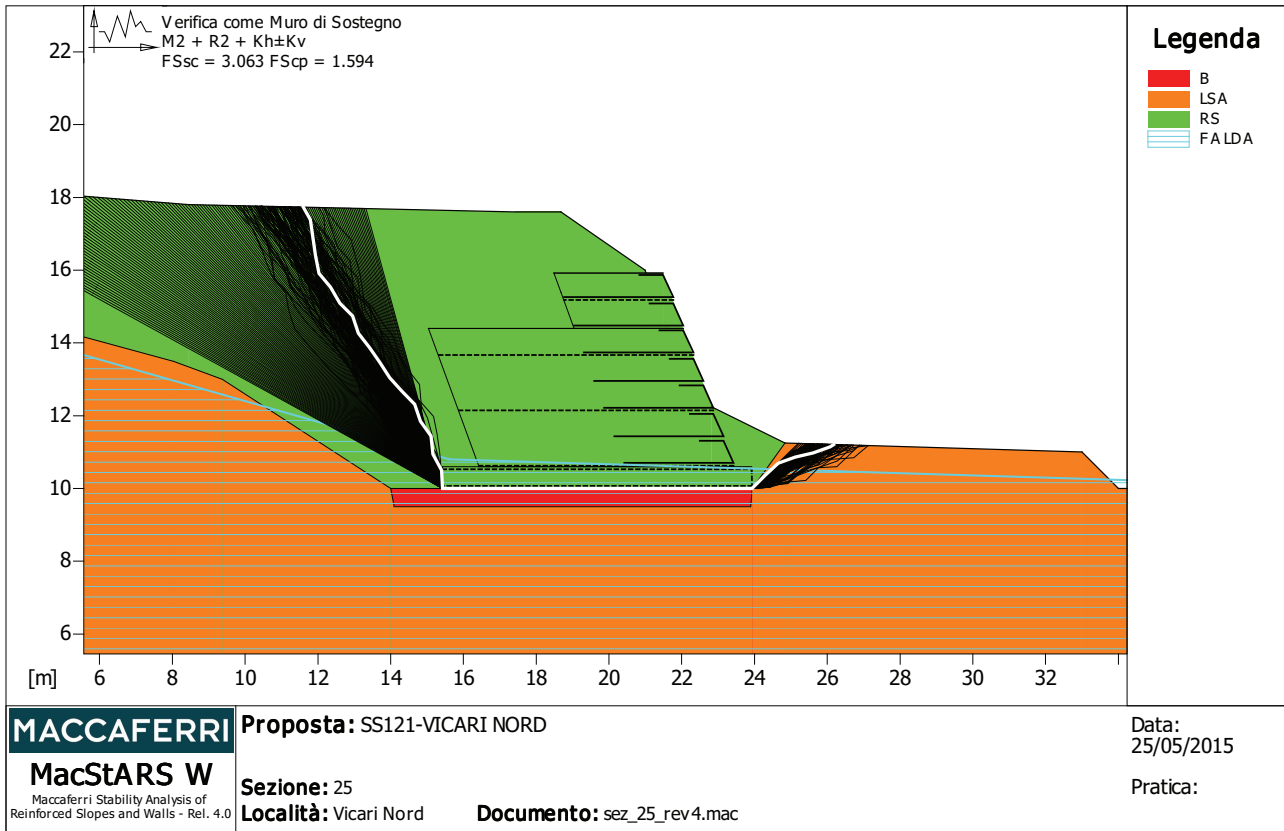
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaGrid - 50_Seismic

Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m].....: 50.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN].....: 1.10e-04
Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 415.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....: 0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....: 1.25
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....: 1.12
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....: 1.12
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....: 1.12
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.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.40
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.2P - 0.76		
Carico di rottura Nominale Tr..... [kN/m]	:	35.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico..... [m ³ /kN]	:	1.10e-04
Rigidezza estensionale..... [kN/m]	:	330.00
Lunghezza minima di ancoraggio..... [m]	:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.17
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.17
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.17
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 : M2 + R2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : DX_0

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 552.89

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 180.48

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.063

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 188.13

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 118.04

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.594

Fondazione equivalente.....[m].....: 8.50

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.32

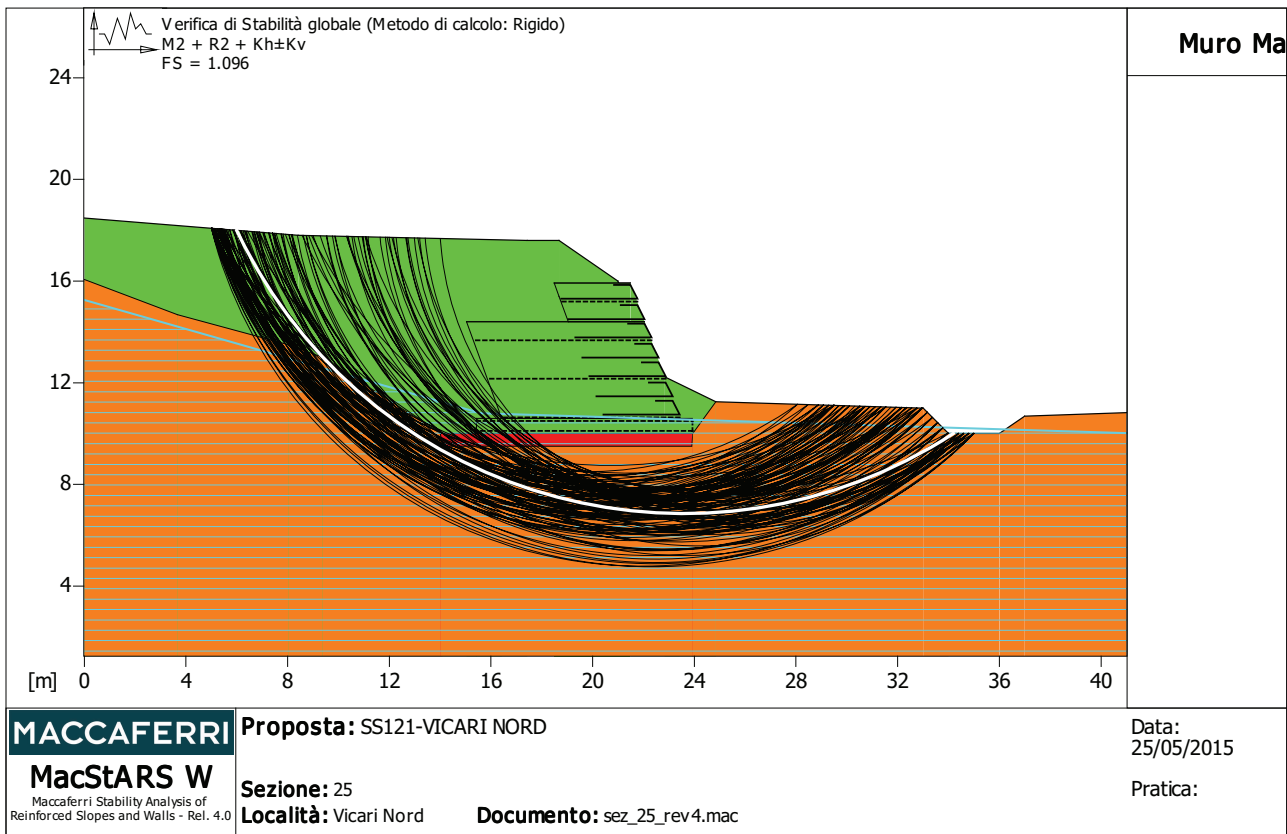
Braccio momento.....[m].....: 3.86

Forza normale.....[kN].....: 987.01

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 95.12

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 155.85

Fattore	Classe
1.00	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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante



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

Proposta: SS121-VICARI NORD
Sezione: 25
Località: Vicari Nord
Documento: sez_25_rev4.mac

Data: 25/05/2015
Pratica:

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.....: 1.096

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
5.00	16.00	25.00	35.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 50

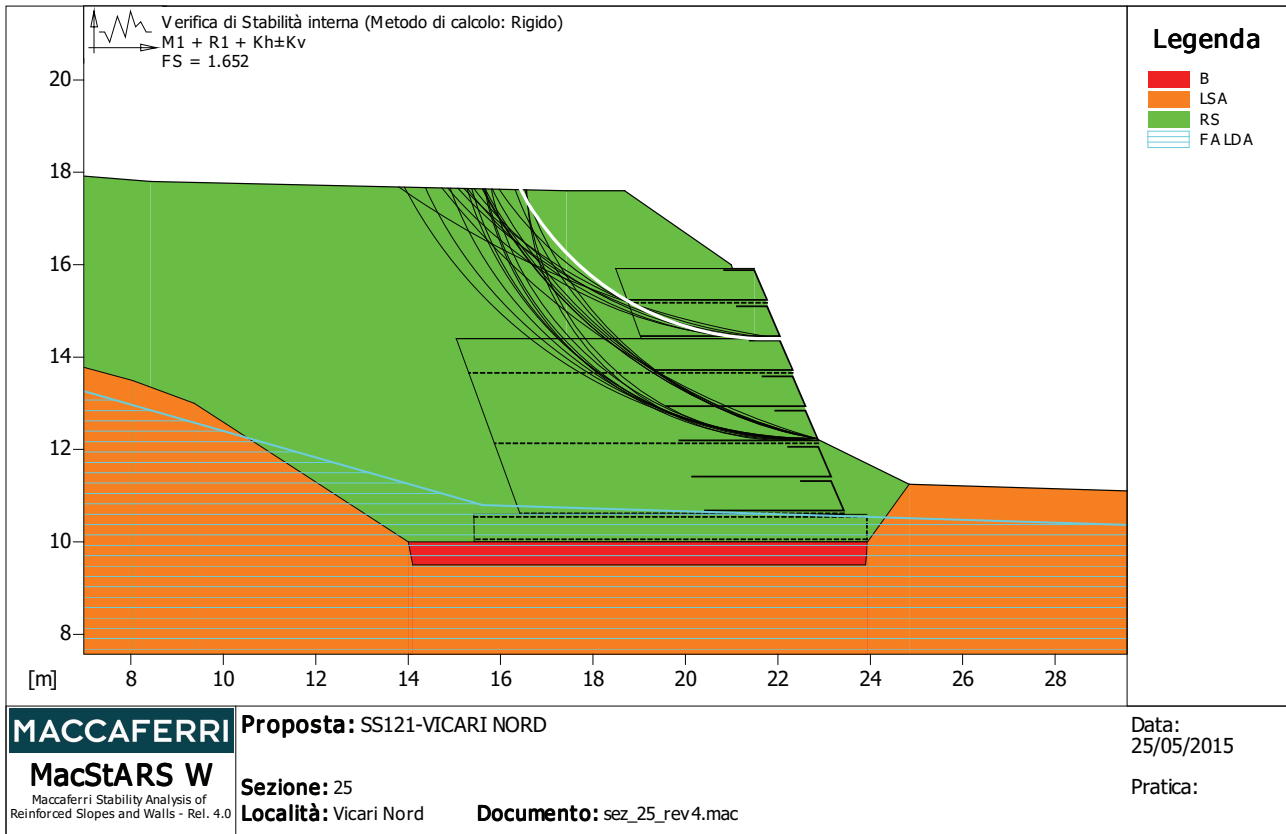
Numero totale superfici di prova.....: 500

Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50

Angolo limite orario..... [°].....: 0.00

Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

Fattore	Classe
1.00	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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R1 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

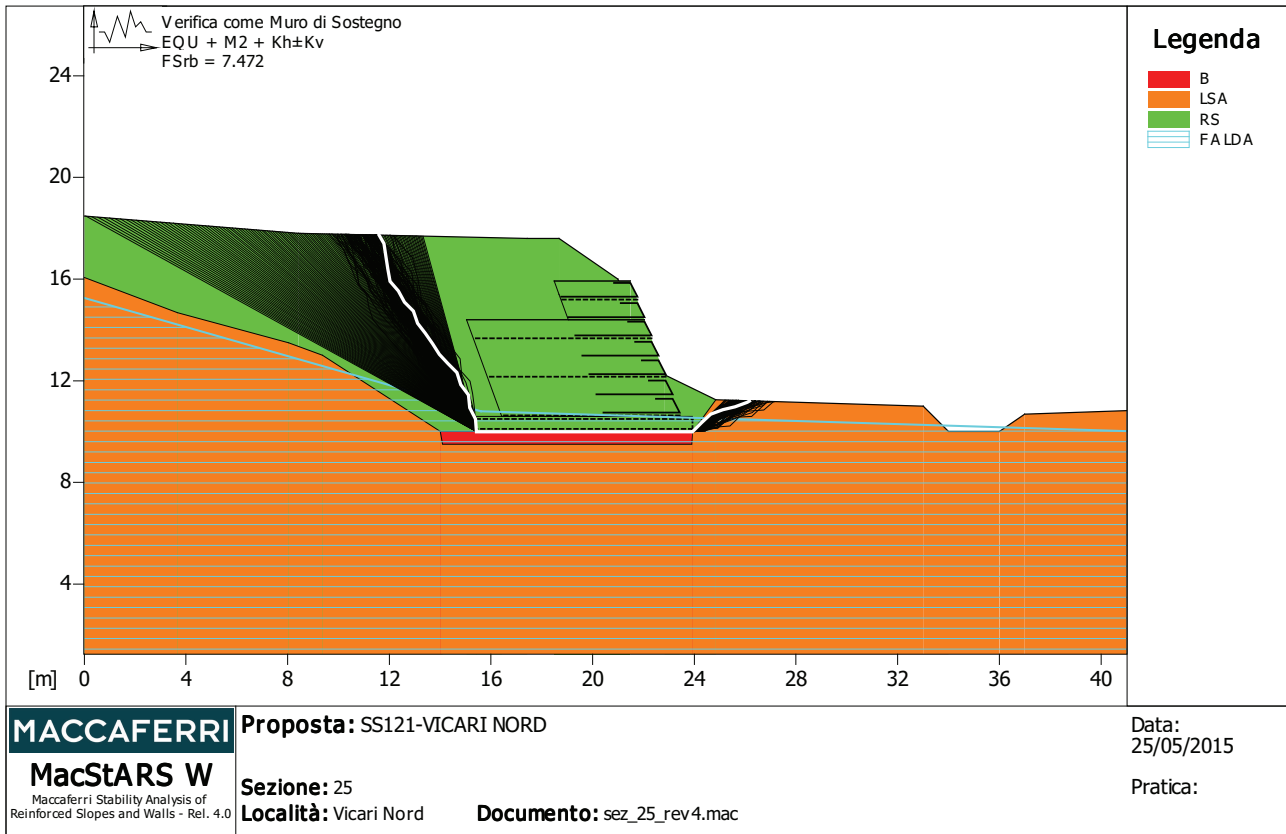
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.652

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
DX_1	12.00	20.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
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	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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : DX_0

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 5204.40

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 696.50

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 7.472

Fattore	Classe
1.00	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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

12 ALLEGATO

ALLEGATO 5: Dichiarazione sulle caratteristiche a breve e lungo termine dei rinforzi metallici utilizzati nel software macstars W.4.0

Zola Predosa, 30/10/2015

OGGETTO: CARATTERISTICHE A BREVE E LUNGO TERMINE DEL RINFORZO TERRAMESH VERDE LIGHT (2.2/3.2 mm) UTILIZZATE NEL SOFTWARE MACSTARS W

La presente nota ha lo scopo di chiarire le differenze riscontrabili sulle caratteristiche a breve e lungo termine del Terramesh Verde Light, utilizzate dal software Macstars W nelle sue versioni 3.0 e 4.0.

CARATTERISTICHE DEL TERRAMESH VERDE LIGHT IN MACSTARS W 3.0

Nella versione di Macstars W 3.0, utilizzata fino al 2013, per le caratteristiche del Terramesh si è fatto riferimento alla procedura descritta nell'Annex A della BS 8006:1995 in cui per la resistenza a breve termine del rinforzo si fa riferimento al valore medio ottenuto nelle prove di trazione (37.09 kN/m); tale valore veniva poi ridotto per un coefficiente parziale (f_{m111}) dipendente dalla deviazione standard dei risultati di trazione ottenuti, che nel caso del Terramesh era pari a 1.081. Applicando tutti i fattori richiesti dalla BS 8006:1995 (per tenere in conto il processo manifatturiero, l'estrapolazione dei dati, il danneggiamento durante l'installazione e gli effetti dell'ambiente) si è infine ottenuto il fattore totale di riduzione ($f_m = 1.44$) con cui determinare il valore di resistenza a lungo termine del Terramesh Verde Light utilizzato in ghiaia.

In definitiva le caratteristiche del rinforzo nel Macstars W 3.0 utilizzate in PEA, dove per il rilevato strutturale si faceva riferimento a materiale granulare (ghiaia), sono:

RESISTENZA A TRAZIONE A BREVE TERMINE	37.09 kN/m
RESISTENZA A TRAZIONE A LUNGO TERMINE	25.76 kN/m

CARATTERISTICHE DEL TERRAMESH VERDE LIGHT IN MACSTARS W 4.0

La versione 4.0 del Macstars W è stata realizzata nel 2013 e per la determinazione delle caratteristiche del Terramesh Verde Light sono stati tenuti in conto i seguenti aggiornamenti normativi:

- BS 8006:2010 che permette di utilizzare $f_{m111}=1$ se si fa riferimento alla resistenza minima del rinforzo invece che al suo valore medio;
- UNI EN 10223-3: 2013 che al par. 9.3 descrive le procedure da utilizzare per le prove di trazione sui prodotti in rete doppia torsione

Per le caratteristiche del Terramesh Verde Light sono stati utilizzati i valori ottenuti durante il processo per la certificazione del prodotto, in quanto le unità Terramesh sono prodotte in accordo con il regolamento 305/2011 (ex Direttiva Europea 89/106/CEE) e sono provvisti di marcatura CE in conformità con ETA-13/0295: la resistenza a trazione certificata è di 40 (± 5) kN/m.

Nel Macstars W 4.0 utilizzato nella PED per il rinforzo si fa quindi riferimento alla resistenza minima (35 kN/m) ed al nuovo fattore parziale del rinforzo f_m in sabbia/limo/argilla (in quanto il rilevato strutturale è costituito da stabilizzato a calce e non più da materiale granulare) pari a 1.17 (vd. Allegato TN-DT-021B per maggiori dettagli)

In definitiva le caratteristiche del rinforzo nel Macstars W 4.0 utilizzate in fase PED sono:

RESISTENZA A TRAZIONE A BREVE TERMINE	35.00 kN/m
RESISTENZA A TRAZIONE A LUNGO TERMINE	29.91 kN/m



Ing. Marco Vicari
Responsabile Tecnico

E n g i n e e r i n g a B e t t e r S o l u t i o n

Officine Maccaferri Spa
Via J. F. Kennedy, 10
40069 Zola Predosa (BO) - Italia
T: (+39) 051 6436000
F: (+39) 051 6436201
www.officinemaccaferri.com

COEFFICIENTI DI SFILAMENTO E FATTORI PARZIALI DEL TERRAMESH 8x10/2.2 mm ADOTTATI IN MACSTARS

1 – COEFFICIENTI DI SFILAMENTO (μ)

I coefficienti di sfilamento derivano dai risultati delle prove di pullout realizzate da Maccaferri su rinforzi in rete metallica doppia torsione presso la New South Wales University a Canberra (Australia 1990), il STS Consultant Lab. di Chicago (USA 1989), il Bathrust, Clarabut Geotechnical Testing, Inc. (Canada 2001) e l'Ismes Geo (Italia 2002); le prove sono state effettuate in accordo con le procedure della EN ISO 12957-1 o della ASTM D 6706-01.

La massima forza di ancoraggio che il rinforzo è in grado di erogare F_{po} è data dalla relazione:

$$F_{po} = 2 \sigma_v L W \mu \operatorname{tg} \Phi$$

dove

Φ = angolo di attrito del materiale del rilevato

μ = coefficiente di interazione tra il materiale del rilevato ed il rinforzo

L = Lunghezza di ancoraggio del rinforzo

W = Larghezza del rinforzo (generalmente pari ad 1 m)

σ_v = Pressione verticale agente sul rinforzo

Dai test succitati sono stati ricavati i seguenti valori del coefficienti di sfilamento μ del Terramesh (per maggiori dettagli vedasi la TN-DT-031):

ARGILLA	LIMO	SABBIA	GHIAIA
0.3	0.5	0.65	0.9

2 – FATTORI PARZIALI E RESISTENZA A LUNGO TERMINE

Per la determinazione delle caratteristiche a lungo termine (LTDS) del rinforzo si fa riferimento all'Annex A della BS 8006-1:2010.

I fattori parziali, che fanno riferimento alle varie cause che possono potenzialmente ridurre la resistenza del rinforzo, vengono accorpate in un fattore totale f_m ; inoltre, per tenere in conto eventuali effetti di creep (i.e. deformazione del rinforzo sotto carico costante), viene applicato alla resistenza di base (*base strength*) del rinforzo (T_B) un fattore di creep (f_{creep}) in modo da ottenere la resistenza di progetto (a lungo termine) del rinforzo T_D :

$$T_D = T_B / f_{creep} f_m$$

T_D è quindi la resistenza disponibile al termine della vita utile del rinforzo, per la quale si fa riferimento a 120 anni

2.1 RESISTENZA DI BASE DEL RINFORZO, T_B

Il valore di T_B nel caso di rinforzi metallici è pari alla resistenza a trazione ultima e nel caso del Terramesh si fa riferimento alle procedure di prova descritte nel Par. 9.3 della UNI EN 10223-3:2013 che tengono in conto le caratteristiche geometriche delle reti doppia torsione; tale procedura di prova è parte integrante del sistema di controllo qualità alla base della marcatura CE del Terramesh (ETA-13/0295)

Il valore minimo di resistenza a trazione del Terramesh 8x10/2.2 mm così determinato è pari a:

$$T_B = 35.0 \text{ kN/m}$$

2.2 FATTORE DI CREEP, f_{creep}

Il fenomeno di creep è l'aumento dell'allungamento di un materiale sottoposto ad un carico costante: per molti materiali polimerici la temperatura ambiente (tra 10° e 30°) coincide con la loro fase visco-elastica e per tale motivo il creep diventa particolarmente importante per la determinazione delle caratteristiche di resistenza a lungo termine dei materiali polimerici

Nel caso dell'acciaio, la cui fase visco-elastica comincia a temperature superiori ai 500°, il fenomeno di creep è insignificante e per tale motivo si assume

$$f_{creep} = 1.0$$

2.3 FATTORE PARZIALE DEL MATERIALE, f_m

Il fattore parziale del materiale f_m è ottenuto dal prodotto di una serie di sotto-fattori:

$$f_m = f_{m11} \times f_{m12} \times f_{m21} \times f_{m22}$$

dove

f_{m11} è un fattore riferito alla qualità del processo manifatturiero (ISO 9001, marcatura CE)

f_{m12} è un fattore riferito all'extrapolazione dei dati (durata delle prove pubblicate)

f_{m21} è un fattore riferito al danneggiamento causato ai prodotti durante il processo dell'installazione

f_{m22} è un fattore riferito agli effetti dell'ambiente sui rinforzi (luce, aria, agenti chimici).

f_{m11} – Produzione (Product Manufacture)

Questo fattore è una combinazione di:

- Esistenza o meno di uno standard per la produzione ed il controllo del materiale di base (f_{m111})
- Esistenza o meno di tolleranze dimensionali del particolare prodotto fabbricato (f_{m112})

f_{m111}

Le unità Terramesh sono prodotte in accordo con il regolamento 305/2011 (ex Direttiva Europea 89/106/CEE) e sono provvisti di marcatura CE in conformità con ETA-13/0295, dove la resistenza a trazione certificata è di 40 (± 5) kN/m.

Poiché, a favore di sicurezza, viene fatto riferimento alla resistenza minima del rinforzo (35 kN/m), f_{m111} viene assunto pari ad 1.0

$$f_{m111} = 1.0$$

f_{m112}

Poiché la resistenza caratteristica dipende dalle tolleranze della sezione trasversale e quindi, nel caso del Terramesh, dalle tolleranze sul diametro di filo, deve essere applicato un fattore più grande dell'unità.

Poiché la tolleranza sul filo di diametro 2.2 mm è ± 0.06 mm (Tavola 1 EN 10223-3), il rapporto corrispondente tra l'area nominale (3.80 mm² per diametro 2.2 mm) e minima (3.59 mm² per 2.14 mm) è 1.06 si ha

$$f_{m112} = 1.06$$

Avendo così

$$f_{m11} = f_{m111} \times f_{m112} = 1.0 \times 1.06 = 1.06$$

f_{m12} – Estrapolazione (extrapolation)

Questo fattore è dato dalla combinazione di:

- valutazione dei dati disponibili per dedurre una distribuzione statistica (f_{m121})
- estrapolazione della distribuzione statistica fino alla vita utile richiesta (f_{m122})

f_{m121}

È riferito alla valutazione di qualità, quantità e durata dei dati disponibili: f_{m121} rappresenta una misura dell'affidabilità di tali dati. Poiché nel caso del Terramesh sono a disposizione migliaia di valori ottenuti nel corso di più di 20 anni di prove, l'analisi statistica permette un valore di 1.0 per f_{m121} .

$$f_{m121} = 1.0$$

f_{m122}

Questo fattore riguarda l'estrapolazione dei dati disponibili su un periodo più lungo, pari alla vita utile della struttura. Poiché per il Terramesh l'estrapolazione a 120 anni è fatta partendo da una base ventennale di dati, e quindi su un solo log cycle, f_{m122} viene assunto pari a 1.0

$$f_{m122} = 1.0$$

$$f_{m12} = f_{m121} \times f_{m122} = 1.0$$

f_{m21} – Installazione (Installation)

I fattori di danneggiamento comprendono:

- gli effetti a breve termine di un danneggiamento prima e durante l'installazione, f_{m211}
- gli effetti a lungo termine del danneggiamento, f_{m212}

f_{m211}

L'acciaio galvanizzato (rivestito con leghe in zinco-alluminio) normalmente non viene danneggiato durante il processo di installazione (effetto a breve termine) se il materiale strutturale rispetta gli standard comuni usati per le strutture in terra rinforzata. La protezione offerta dalla galvanizzazione è un processo chimico, che incide sul metallo stesso ed è diverso da un rivestimento o da un rivestimento epossidico: è un processo autocatizzante con alcune rientranze che creano un processo di autoriparazione elettrochimica; inoltre i fili sono ulteriormente rivestiti da materiale polimerico, estruso sul filo di acciaio galvanizzato

Per effetto del doppio rivestimento, per i rinforzi Terramesh può essere adottato un valore di 1.0.

$$f_{m211} = 1.0$$

f_{m212}

Gli effetti a lungo termine possono essere innescati da danneggiamenti locali dei rinforzi ed eventualmente amplificati dall'aggressività ambientale

Numerosi tests per valutare il danneggiamento del Terramesh in differenti tipi di terreno durante l'installazione sono stati effettuati in conformità con i relativi standards esistenti (ASTM D 5818 e Annex D of BS 8006). Al termine del test il pannello di rete viene sottoposto ad un'accurata ispezione visiva per identificare il numero di danneggiamenti esistenti sul rivestimento polimerico: qualora l'ammaccatura del rivestimento polimerico sia tale da lasciare esposto il filo in acciaio sottostante, tale filo viene considerato come "tagliato" nella successiva procedura di trazione.

Alla luce di tali tests si è ottenuto un valore massimo di 1.165 che può essere adottato per il Terramesh, quando per il riempimento strutturale si utilizza un terreno col peggior fuso granulometrico (0-60 mm). Granulometrie oltre questi valori (fino a 0-200 mm) sono accettabili purché uno strato protettivo di materiale fine sia messo prima della stesa della rete per evitare danneggiamenti. Un riassunto dei risultati della prova è riportato nella tavola seguente:

Materiale di riempimento	Granulometria (mm)	f_{m212}
Argille e limi	<0.06	1.05
Sabbie	0.06 – 2	1.05
Ghiaie	2 – 60	1.165

Per fusi granulometrici all'interno dei valori riportati, il valore di f_{m212} può essere interpolato tra il valore 1.05 (a favore di sicurezza) e 1.165

$$f_{m212} = 1.05 - 1.165$$

avendo quindi

$$f_{m21} = f_{m211} \times f_{m212} = 1.0 \times 1.05 = 1.05 \quad (\text{sabbia, limo, argilla})$$

$$f_{m21} = f_{m211} \times f_{m212} = 1.0 \times 1.165 = 1.165 \quad (\text{ghiaia})$$

f_{m22} Fattore ambientale (Environmental Component Factor)

Questo fattore parziale considera le eventuali degradazioni del rinforzo dovute all'ambiente del terreno, con particolare attenzione alle azioni di carattere chimico.

Innanzitutto va sottolineato che il rivestimento polimerico dei rinforzi Terramesh non è praticamente soggetto a sforzi di trazione, essendo incomparabilmente più deformabile del filo in acciaio: per tale motivo il contributo del polimero alla resistenza a trazione non viene considerato.

Per quanto riguarda la resistenza del rivestimento in ambienti ad alta acidità o alcalinità, sono stati effettuati dei test di corrosione immergendo campioni di filo in soluzioni tampone con vari valori di pH (da 1 a 13) e differenti durate (da 250 a 4000 ore) al fine di determinare la resistenza al pH del rivestimento dopo immersione in termini di:

- stabilità chimica dei fili rivestiti con materiali polimerico, ottenuta misurando la stabilità del valore del pH della soluzione tampone nel tempo
- valutazione del livello di infiltrazione della corrosione nel filo metallico all'intercapedine tra filo e guaina, misurando la lunghezza del tratto completamente corrosivo o, in alternativa, quella in cui si è avuta ossidazione superficiale all'intercapedine filo-guaina
- variazione delle caratteristiche meccaniche del rivestimento polimerico: resistenza a trazione ed allungamento a rottura.

I tests hanno evidenziato che il rivestimento polimerico utilizzato nel Terramesh è chimicamente stabile in ambienti con $3 < \text{pH} < 13$: in tali condizioni si può assumere, a favore di sicurezza, un valore pari a 1.05 (per maggiori dettagli vedasi la TN-DT-004)

$$f_{m22} = 1.05 \quad (3 < \text{pH} < 13)$$

CONCLUSIONI

La tabella seguente riporta i valori dei fattori parziali adottati dal software Macstars per il Terramesh 2.2 mm, considerando una vita di progetto pari a 120 anni:

TERRAMESH 8x10/2.2 mm – 120 ANNI			
Fattore	Significato	Valore	Note
F_{creep}	Creep	1.0	Acciaio insensibile al creep
f_{m111}	Controlli di qualità	1.0	Resistenza a trazione minima
f_{m112}	Tolleranze in produzione	1.06	Diametro filo 2.2 + 0.06 mm
f_{m121}	Affidabilità dati disponibili	1.0	Centinaia di test di trazione eseguiti
f_{m122}	Affidabilità estrapolazione alla vita utile di progetto	1.0	Test di trazione eseguiti da oltre 20 anni
f_{m211}	Installazione: effetti a breve termine	1.0	Nessun danneggiamento dell'acciaio
f_{m212}	Installazione: effetti a lungo termine	1.05 - 1.165	Rispettivamente per sabbie e ghiaie
f_{m22}	Degradazione chimica e biologica	1.05	Alta stabilità chimica del polimero
f_m		1.17 - 1.30	

In conclusione la resistenza a lungo termine (LTDS) a 120 anni del Terramesh 8x10/2.2 mm è pari a

$$T_D = T_B / f_m = 35 / 1.17 = 29.9 \text{ kN/m} \quad \text{LTDS (in argilla, limo, sabbia)}$$

$$T_D = T_B / f_m = 35 / 1.30 = 26.9 \text{ kN/m} \quad \text{LTDS (in ghiaia)}$$