



# 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. 132

### OPERE DI SOSTEGNO - ASSE PRINCIPALE - Lotto 2a

### OS08 - Rilevato in terra rinforzata dal km 3+959.426 al km 4+059.426

### Relazione descrittiva e di calcolo

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PE	OS08	RC01	5	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:	
	PEOS08RC01_50_4137.dwg	1=1	4 1 3 7	-	
5					
4					
3					
2					
1					
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 poliff@politecnica.it

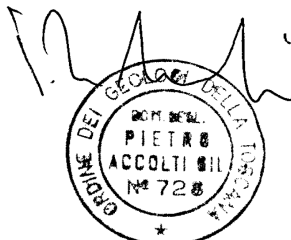
### ACS ingegneri

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

Il Progettista Responsabile  
Ing. Marcello Mancone

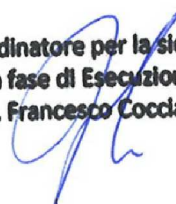


Il Geologo  
dott. Pietro Accolti Gil



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

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



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 **L O 4 1 0 C E 1 1 0 1**

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E RIFERIMENTI</b> .....	<b>6</b>
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	6
2.3	SOFTWARE UTILIZZATI.....	7
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>8</b>
3.1	TERRE RINFORZATE - ACCIAIO PER CASSERO .....	8
3.2	TERRE RINFORZATE - RINFORZI IN RETE ESAGONALE .....	8
3.2.1	<i>Resistenza a rottura di esercizio dei rinforzi metallici</i> .....	9
3.3	TERRE RINFORZATE - GEOGRIGLIE IN POLIESTERE AD ALTA TENACITA' .....	10
3.3.1	<i>Resistenza a rottura di esercizio dei rinforzi-geogriglie</i> .....	10
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b> .....	<b>12</b>
4.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE PEA E CAMPAGNA INDAGINI INTEGRATIVE 2015.....	12
4.2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	15
4.2.1	<i>Criteri di valutazione dei parametri geotecnici</i> .....	15
4.2.1.1	Depositi coesivi [ LSA e AG ].....	16
4.3	PARAMETRI GEOTECNICI .....	38
<b>5</b>	<b>VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>AZIONI DI CALCOLO</b> .....	<b>42</b>
6.1	AZIONI PERMANENTI.....	42
6.1.1	<i>Peso proprio</i> .....	42
6.1.2	<i>Spinta delle terre</i> .....	42
6.2	AZIONI VARIABILI.....	43
6.2.1	<i>Sovraccarico uniforme indefinito</i> .....	43
6.3	AZIONI SISMICHE.....	43

<b>7</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO E VERIFICHE</b> .....	<b>46</b>
7.1	COMBINAZIONI DI CARICO .....	46
7.2	VERIFICHE AGLI SLU.....	47
7.2.1	<i>Verifica allo scorrimento sul piano di posa (GEO)</i> .....	47
7.2.2	<i>Verifica al ribaltamento (EQU)</i> .....	47
7.2.3	<i>Verifica di capacità portante (GEO)</i> .....	48
7.2.4	<i>Resistenza allo sfilamento del rinforzo (pull-out)</i> .....	48
7.2.5	<i>Verifica di stabilità globale e di stabilità interna (GEO)</i> .....	49
<b>8</b>	<b>SOLUZIONE PROGETTUALE</b> .....	<b>52</b>
<b>9</b>	<b>RISULTATI DI CALCOLO)</b> .....	<b>55</b>
9.1	SEZIONE TIPO 1-.....	55
9.1.1	<i>Verifiche di stabilità</i> .....	57
9.1.2	<i>Verifiche di corpo rigido</i> .....	57
9.2	SEZIONE TIPO 2 .....	58
9.2.1	<i>Verifiche di stabilità</i> .....	60
9.2.2	<i>Verifiche di corpo rigido</i> .....	60
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>62</b>
<b>11</b>	<b>ALLEGATI OUTPUT SEZIONI DI VERIFICA</b> .....	<b>65</b>

## **ELENCO ALLEGATI**

**ALLEGATO 1: TABULATI DI CALCOLO VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE TIPO 1  
COMBINAZIONE STATICA**

**ALLEGATO 2: TABULATI DI CALCOLO VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE TIPO 1  
COMBINAZIONE M2+R2+SISMA**

**ALLEGATO 3: TABULATI DI CALCOLO VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE TIPO 2  
COMBINAZIONE STATICA**

**ALLEGATO 4: TABULATI DI CALCOLO VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE TIPO 2  
COMBINAZIONE M2+R2+SISMA**

## 1 PREMESSA

Nell'ambito della progettazione di dettaglio delle opere afferenti ai lavori di ammodernamento del tratto Palermo – Lercara Friddi, compreso tra la rotonda Bolognetta e lo svincolo di Manganaro, con la presente relazione, si esplicano le verifiche effettuate nell'ambito della revisione progettuale dell'opera di sostegno OS08, costituita da un rilevato in terra rinforzata, ricadente nell'ambito della viabilità principale, nella tratta compresa fra le progressive chilometriche di progetto 3+959.43 e 4+039.43, del lotto 2a.

La presente relazione, in particolare, approfondisce gli aspetti progettuali legati alla realizzazione del rilevato stradale afferente all'opera in oggetto.

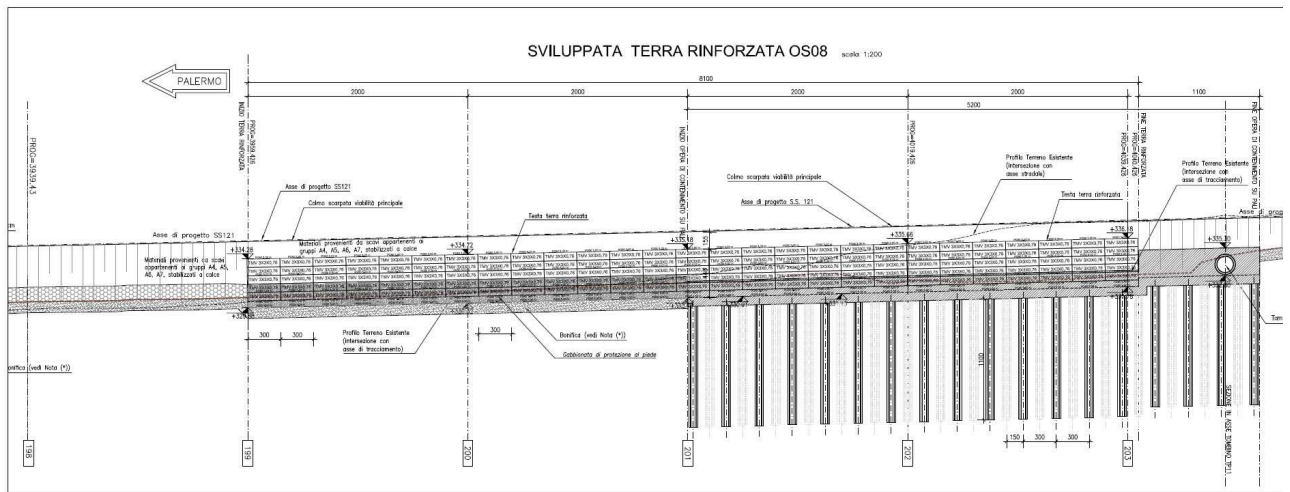
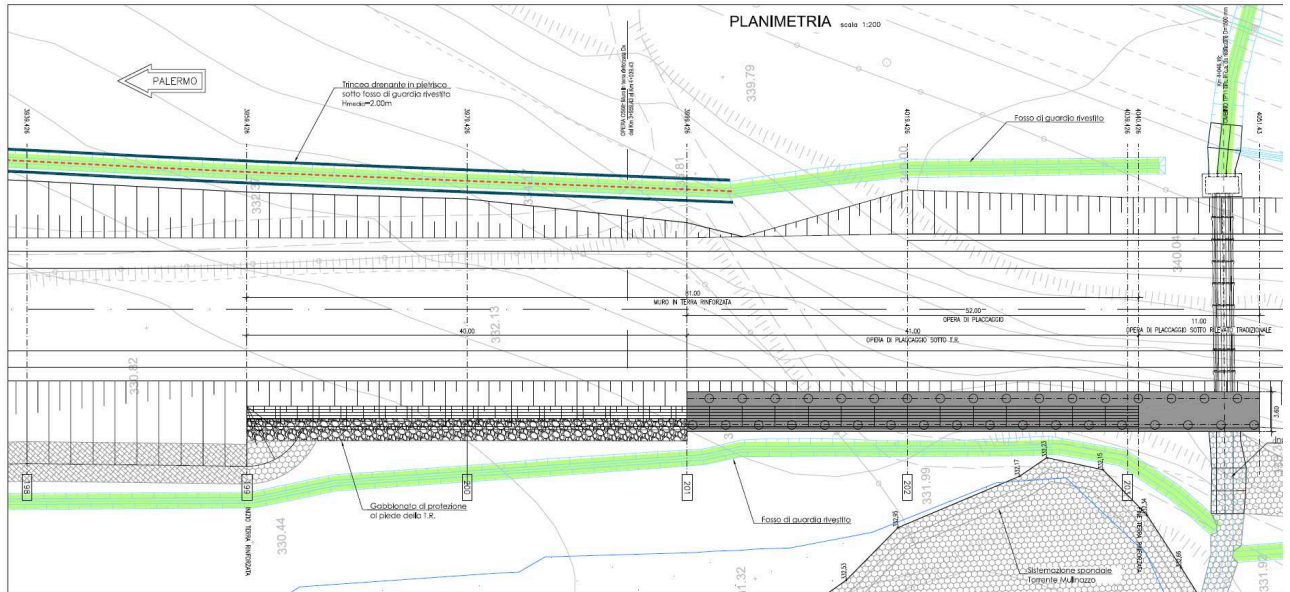
Inoltre, come ampiamente dettagliato nella nota di accompagnamento alla Modifica Tecnica n° 132, nella presente fase di PED è stata operata una revisione generale del progetto esecutivo , anche a valle degli approfondimenti ed indagini integrative effettuate nel tratto in cui ricade l'opera OS08, dove il tracciato corre in rilevato in completa variante rispetto all'asse attuale ss121, che ha portato alla seguente riconfigurazione per l'opera in esame:

- nel tratto di maggiore vicinanza della TR OS08 all'ansa del torrente Agliastro (dalla sez. 201 alla sez. 204 di progetto), oggetto di importanti fenomeni erosivi nell'ultimo inverno, si prevede l'inserimento di un opera al piede della TR, costituita da una soletta in c.a. su pali, avente funzione di presidio del rilevato stesso nei confronti dei fenomeni erosivi connessi con le divagazioni dell'alveo del torrente, evento che si è acuito con le piene registrate nell'ultimo inverno.
- nel rimanente tratto della TR OS08, tra la sez. 199 e la sez. 201 di progetto, ove il torrente risulta più distante dal rilevato in progetto, si prevede l'approfondimento della bonifica al piede della TR, per uno spessore complessivo di circa un metro rispetto all'attuale p.c. e, comunque, fino all'ottenimento di un idoneo piano di posa, nel rispetto del CSA e sulla base delle condizioni locali riscontrate durante gli scavi per il raggiungimento della quota di progetto. In questo tratto è, altresì, previsto il posizionamento di una gabbionata protettiva al piede della TR.

Di seguito si riporta lo stralcio planimetrico ed il prospetto dell'opera in esame, rimandando agli elaborati grafici appositamente predisposti per tutti i dettagli del caso

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 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". PROGETTOESECUTIVO DI DETTAGLIO

"RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO S08 -TERRA RINFORZATA."



Pianta e prospetto dell'opera terra rinforzata OS08

## 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”.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata determinate dall’interazione terreno – struttura con l’aggiunta delle azioni sismiche derivanti dall’applicazione della Normativa D.M. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

### 2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

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

[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	elaborati da PE_GT_L001- a PE_GT_L038

## 2.3 SOFTWARE UTILIZZATI

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

- **Macstars W rel. 4.0** – rilasciato dalle Officine Maccaferri s.p.a

Le verifiche sono state condotte con l’ausilio e il supporto dell’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 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.

### 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  $T_{\text{progetto}}$  del rinforzo è determinata come segue:

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

dove

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

$f_{\text{creep}}$  = 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 ( $F = F_{\text{creep}} \times F_m$ )			
Fattore	Relativo a	Valore	Note
$F_{\text{creep}}$	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 $2.2 \pm 0.06$ mm
$f_{m121}$	Livello di confidenza dei dati disponibili	1.0	Migliaia di dati relativi ai test di resistenza a trazione
$f_{m122}$	Livello di confidenza della estrapolazione dei dati a lungo termine	1.0	20 anni di test di resistenza a trazione registrati
$f_{m21}$	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  $f_{\text{creep}}$  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 W.

### 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

#### Geogriglia da 80 kN/m

– resistenza massima a trazione $T_{rottura}$	80 kN/m
– resistenza di progetto a lungo termine SLU statico	44.44 kN/m
– resistenza di progetto a lungo termine SLU sismico	61.54 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:

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

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:

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

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 W 4.0.

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 4.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE PEA E CAMPAGNA INDAGINI INTEGRATIVE 2015

Al fine di verificare le condizioni stratigrafiche e geotecniche locali ed approfondire il livello di conoscenza acquisito con il PEA, sono state programmate alcune indagini geognostiche integrative, eseguite nel periodo giugno 2015 dalla ditta PLP – Prospezioni laboratorio prove Srl, il cui rapporto tecnico di prova (0139/2015, 0140/2015 e 0141/2015) è riportato in allegato alla presente relazione.

Nella planimetria di seguito (Figura 5) è riportata l'ubicazione delle indagini integrative eseguite. Sono inoltre riportate le indagini eseguite a corredo del Progetto Esecutivo Approvato (PEA).

La campagna d'indagine a base di PEA è stata eseguita tra il 2009 e 2012 ed è consistita in :

- n°1 sondaggio a carotaggio continuo denominato SD3DH di lunghezza 30.0 m attrezzato con tubo per eseguire prova Down Hole;
- n°1 prova penetrometrica statica con punta elettrica CPT denominata CPT5 andata a rifiuto ad una profondità di 11.40 m.

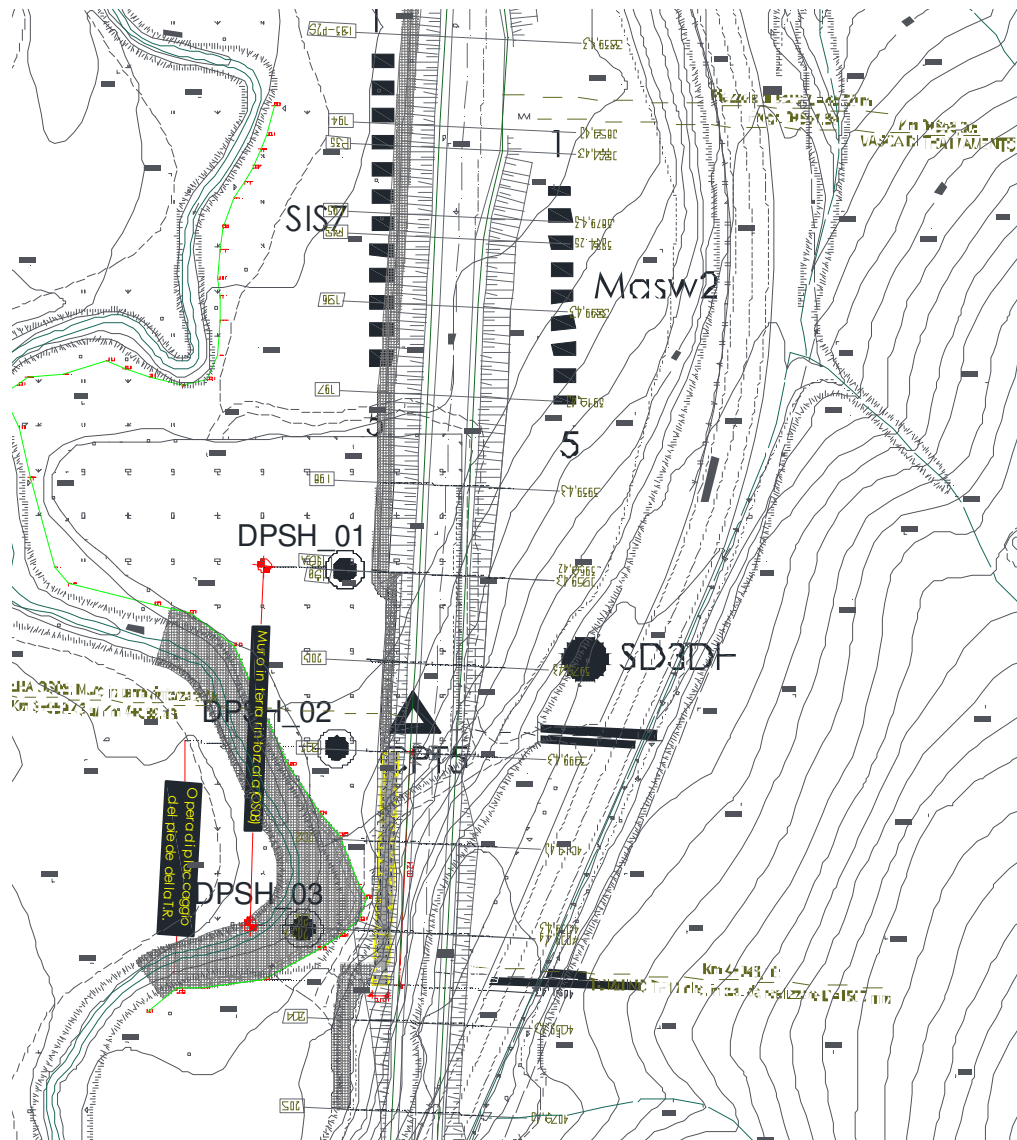
Durante la perforazione del sondaggio sono state eseguite le seguenti attività:

- catalogazione e ripresa fotografica del materiale recuperato;
- riconoscimento stratigrafico dei materiali;
- esecuzione di determinazioni speditive sulle caratteristiche di consistenza (Pocket Penetrometer);
- prelievo di n°3 campioni indisturbati (negli strati coesivi) per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- prelievo di n°2 campioni rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio.
- n°4 prove Standard Penetration Test (SPT).

Nella tabella seguente sono riassunte le prove eseguite all'interno del sondaggio.

Sondaggio	Profondità [m]	Prove SPT [n.]	N. campioni indisturbati [n.]	N. campioni rimaneggiati [n.]	Prova Down-Hole [m]
SD3DH	30.0	4	3	2	30.0

Nome CPT	Profondità [m]
CPT5	11.40



Planimetria con ubicazione indagini geognostiche di PEA ed integrative

La nuova campagna di indagine integrativa, eseguita nel giugno 2015, è consistita in n°3 prove penetrometriche dinamiche DPSH di lunghezza compresa tra 5.0 m e 5.40 m.

Di seguito si riportano alcune foto rappresentative delle n°3 prove penetrometriche dinamiche eseguite.

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 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”. PROGETTOESECUTIVO DI DETTAGLIO

“RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO S08 -TERRA RINFORZATA.”



Foto DPSH – AGL01



Foto DPSH – AGL02





Foto DPSH – AGL03

## 4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel tratto in esame le indagini disponibili di PEA ed integrative hanno permesso di individuare le seguenti unità geotecniche:

### UNITA' LSA- DT – Detriti limoso- argillosi

Si tratta di limi sabbiosi argillosi color avana da poco a moderatamente consistenti. La parte superficiale come si vedrà dalle prove risulta molto allentata a seguito del forte disturbo e detensionamento subito dagli eventi di piena insorti.

### UNITA' AG – Argille limose grigie

Si tratta di argille limose grigie a struttura scagliettata da consistente a molto consistente, con intercalati livelletti sabbiosi. Questa unità costituisce il substrato di base lungo tutto il tracciato in esame. Si è riscontrata nel sondaggio di PEA SC3DH. Le prove penetrometriche sono andate a rifiuto.

#### 4.2.1 Criteri di valutazione dei parametri geotecnici

Nel presente paragrafo si prende in esame la caratterizzazione geotecnica delle unità LSA ed AG, che hanno un comportamento prevalentemente di tipo coesivo.



#### 4.2.1.1 Depositi coesivi [ LSA e AG ]

La caratterizzazione geotecnica è stata fatta oltre che dall'interpretazione delle prove in sito disponibili sia della vecchia che della nuova campagna d'indagine, anche dai risultati delle prove di laboratorio sui vari campioni indisturbati.

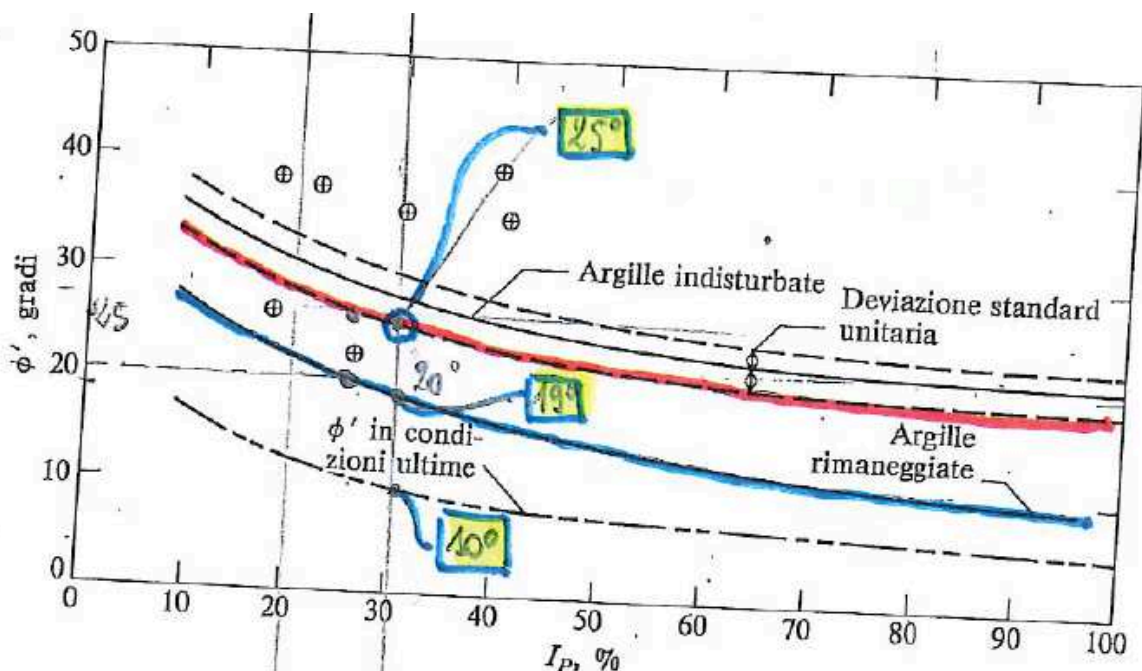
#### Classificazione

La classificazione dei terreni è stata valutata mediante i risultati delle seguenti prove di laboratorio:

- Pesì di volume naturale – Figura 6;
- Analisi granulometriche – Figura 7 e 8;
- Limiti di Atterberg e Carta di Plasticità – Figura 9, 10 e 11.

#### Caratteristiche di resistenza in termini di tensioni efficaci

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza in termini di tensioni efficaci non ci sono prove dirette. Ci si è basati su correlazioni ampiamente diffuse in bibliografia che correlano l'angolo d'attrito in funzione dell'Indice Plastico. Nel caso in esame l'Indice Plastico dalle prove di laboratorio effettuate è compreso tra 25.5 e 28.5%. Per argille indisturbate l'angolo d'attrito è compreso tra 28° e 25°. Ma se le argille sono rimaneggiate allora l'angolo d'attrito si riduce tra 22° e 20°.



#### Caratteristiche di resistenza in termini di tensioni totali

Per determinare invece le caratteristiche di resistenza in termini di tensioni totali, ci si è basati sui risultati delle prove in sito integrative che sono:

- prove penetrometriche statiche CPT (Figura 12)

- misure con Pocket Penetrometer, eseguite in sito sulle carote del sondaggio
- prove triassiali TxUU
- prove penetrometriche dinamiche SPT e DPSH (Figura 16)

Dalle prove CPT è possibile determinare la  $c_u$  (Figure 13) con la seguente correlazione:

$$c_u = \frac{q}{N_K} = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_K}$$

essendo:

$N_K = f(B_q) = 15$  coefficiente di capacità portante

$\sigma_{vo}$  = pressione verticale totale

$q_c$  = resistenza alla punta rilevata

La pressione verticale totale geostatica è stata valutata ipotizzando un peso di volume naturale costante con la profondità pari a 20.0 kN/m<sup>3</sup>.

Inoltre i valori della resistenza al taglio non drenata ( $c_u$ ) sono stati ottenuti da misure dirette in sito quali Pocket Penetrometer (indicato con PP), mediante la seguente correlazione (Figura 15):

$$c_u = ( PP ) / 2 \quad \text{kPa}$$

La resistenza a taglio non drenata è stata desunta anche dai risultati delle prove penetrometriche dinamiche SPT e DPSH (Figura 17) all'interno delle unità coesive, in base alla correlazione di Stroud (1974):

$$c_u = ( 5.0 - 5.5 ) \cdot \text{NSPT} \quad \text{kPa}$$

I valori di coesione ottenuti, hanno solo la funzione di fornire un range di valori della coesione stessa, ma sono importanti per mettere in evidenza i passaggi stratigrafici fra unità LSA e AG.

Nella figura 19 è riportato l'andamento della coesione non drenata ottenuto da tutte le prove disponibili.

### **Caratteristiche di deformabilità**

I parametri di deformabilità dei depositi coesivi sono stati stimati tramite:

- prove penetrometriche statiche CPT
- misure dirette con pocket penetrometer e SPT/DPSH
- indagine sismica Down Hole con lettura delle onde di taglio ( $V_s$ )

Dalle prove penetrometriche statiche il modulo di deformazione  $E$  (Figura 14) è ricavabile mediante correlazioni con la resistenza alla punta  $q_c$ , in accordo con le correlazioni di Mitchell e Gardner [1975]:

$$E = \alpha \cdot q_c \quad \text{kPa}$$

con

$\alpha = 8$             valore assunto

$q_c$                 resistenza alla punta penetrometrica [kPa]

Un ulteriore criterio per la stima del modulo M (Figura 18) è quello che utilizza le correlazioni con la coesione non drenata:

$$E = \alpha \cdot c_u \quad \text{kPa}$$

con

$\alpha = 150$             valore assunto nei calcoli

$c_u$                 coesione non drenata

Dalla prova sismica Down Hole si è potuto ricavare l'andamento delle  $V_s$  (Figura 20) con la profondità. Oltre al valore delle  $V_s$  è stato possibile desumere il modulo di taglio  $G_0$  (Figura 21) e quello di Young  $E_0$  iniziali (Figura 22), associabili a piccole deformazioni, determinati sulla base delle seguenti espressioni:

$$G_0 = (\gamma_t / g) \cdot (V_s)^2$$
$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

essendo:

$\gamma_t$  = peso di volume naturale del terreno [kN/m<sup>3</sup>]

$\nu'$  = rapporto di Poisson del terreno = 0.3 – 0.4

$V_s$  = velocità delle onde di taglio [m/sec]

Il valore del modulo elastico operativo da utilizzare per le verifiche EOPERATIVO può essere determinato utilizzando la seguente espressione, in funzione del tipo di opera:

$$E_{\text{OPERATIVO}} = E_0 / (5 - 10)$$

In particolare i moduli di deformabilità "operativi" ( $E'$ ) da adottare per la valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici "operativi" saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale.

Il valore del modulo di deformazione in funzione della profondità, è riportato nella figura 23.

Nella figura 24 si è invece riportato il raffronto tra il modulo elastico operativo desunto dalle  $V_s$  e quello dalle prove penetrometriche e dai pocket oltre che SPT/DPSH. Si può notare un certo discostamento nella parte superficiale, sino ai 3 – 4 m. Successivamente sino a giungere a 11.0 m si invece una discreta sovrapposizione. Al di sotto invece i valori ottenuti dalle prove sismiche forniscono un trend di moduli elastici molto superiore a conferma dello strato rigido costituito dalle AG.

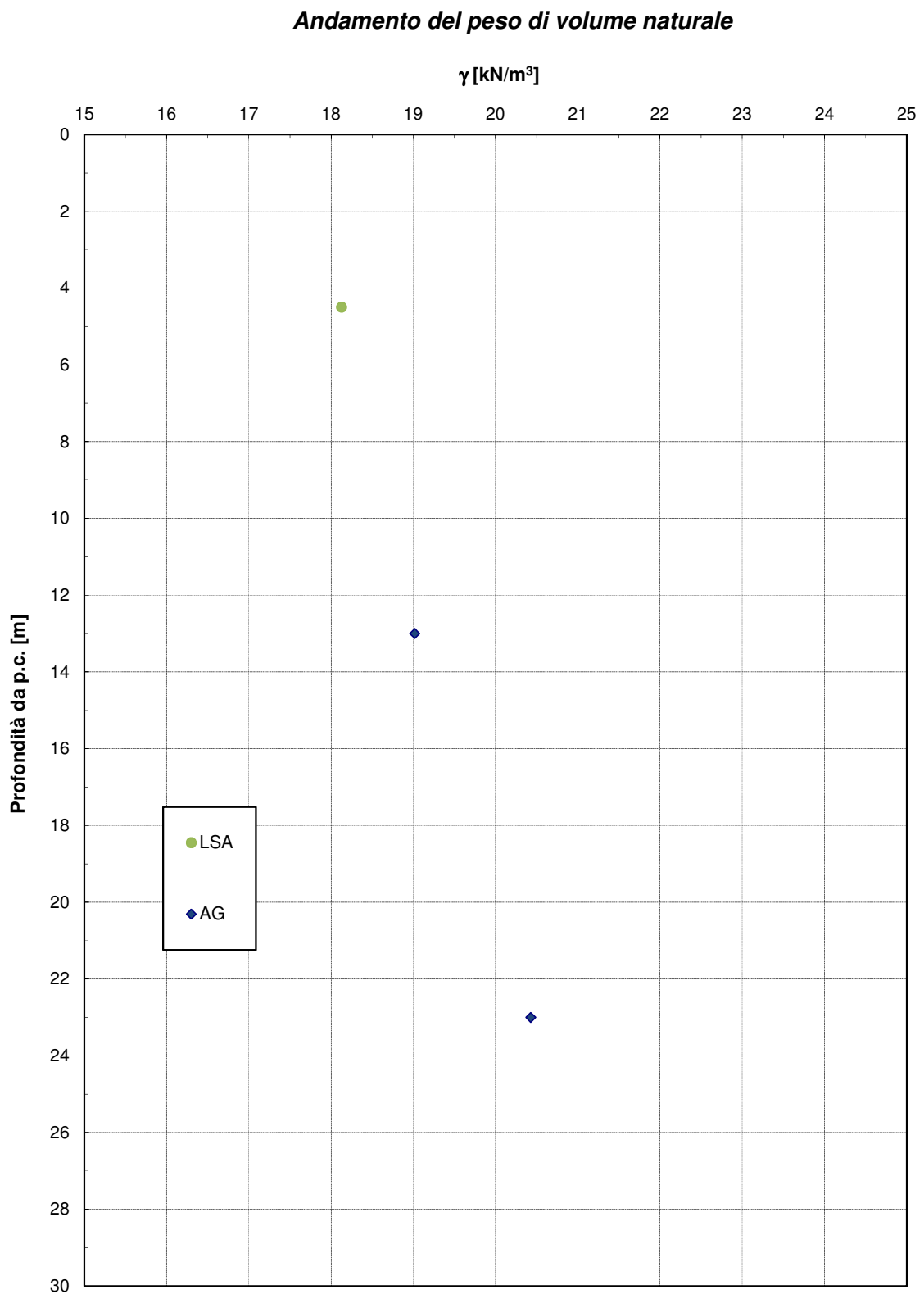


Figura 1 – Peso di volume naturale

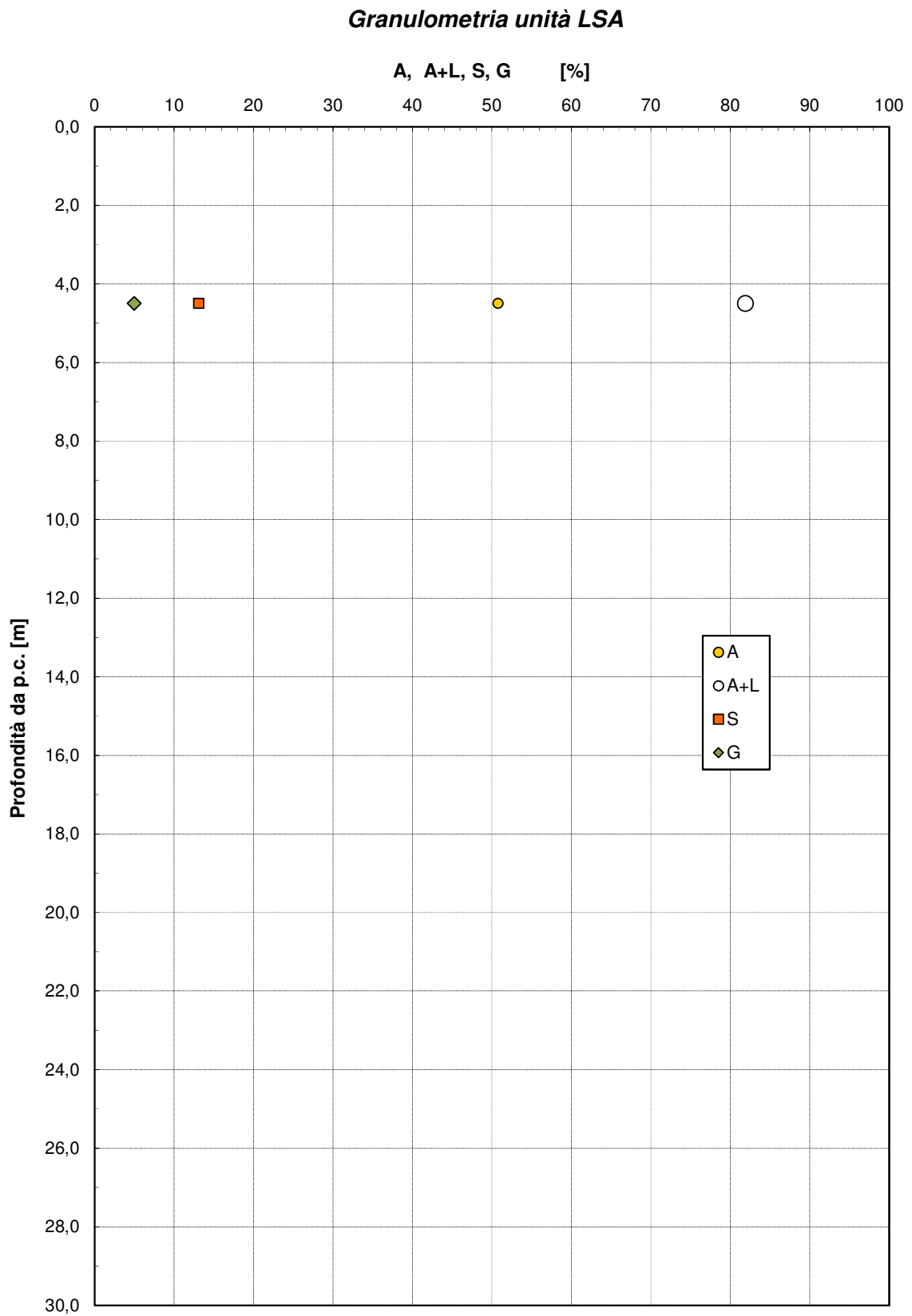


Figura 2 – Granulometria unità LSA

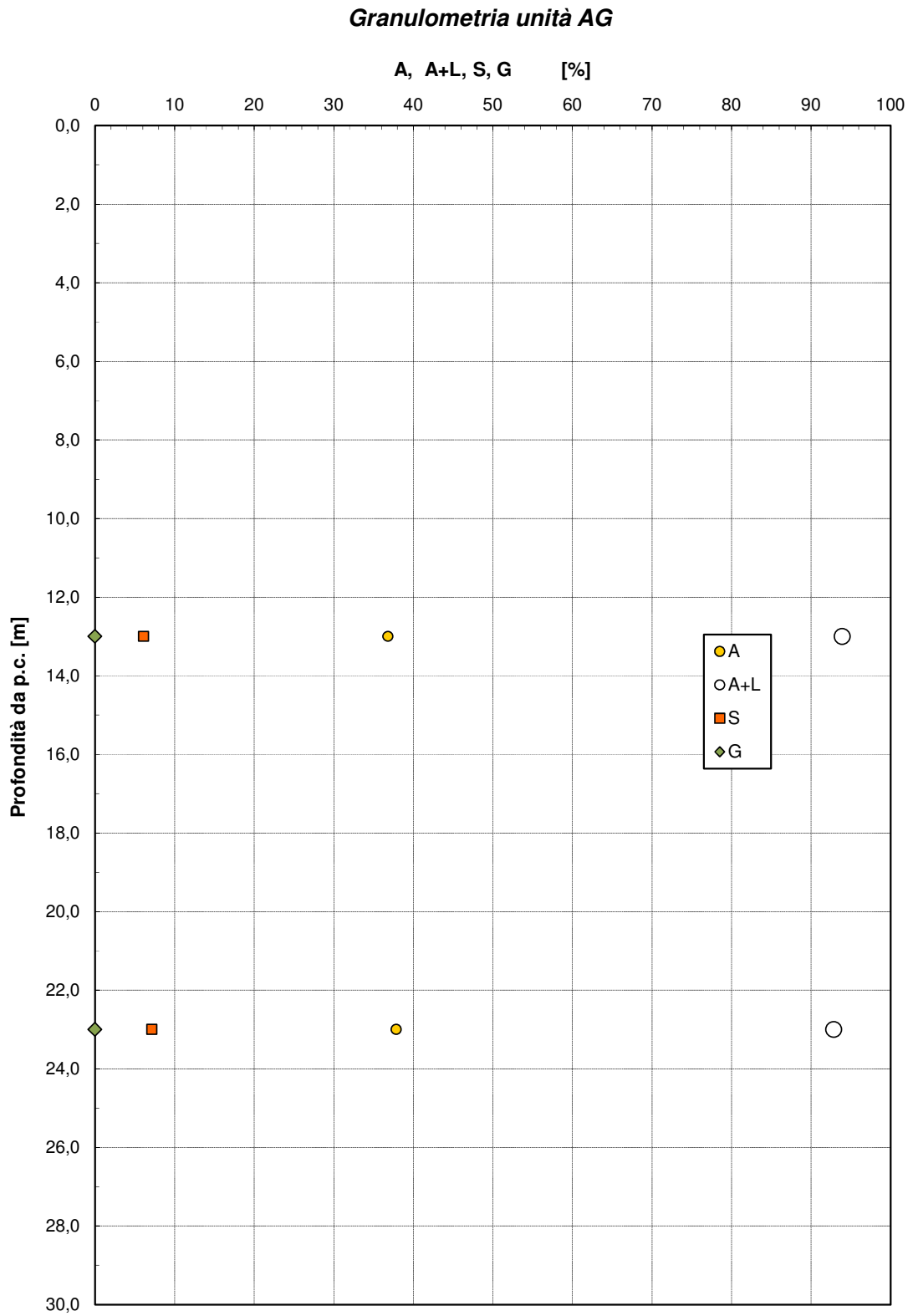


Figura 3 – Granulometria unità AG

### Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua naturale

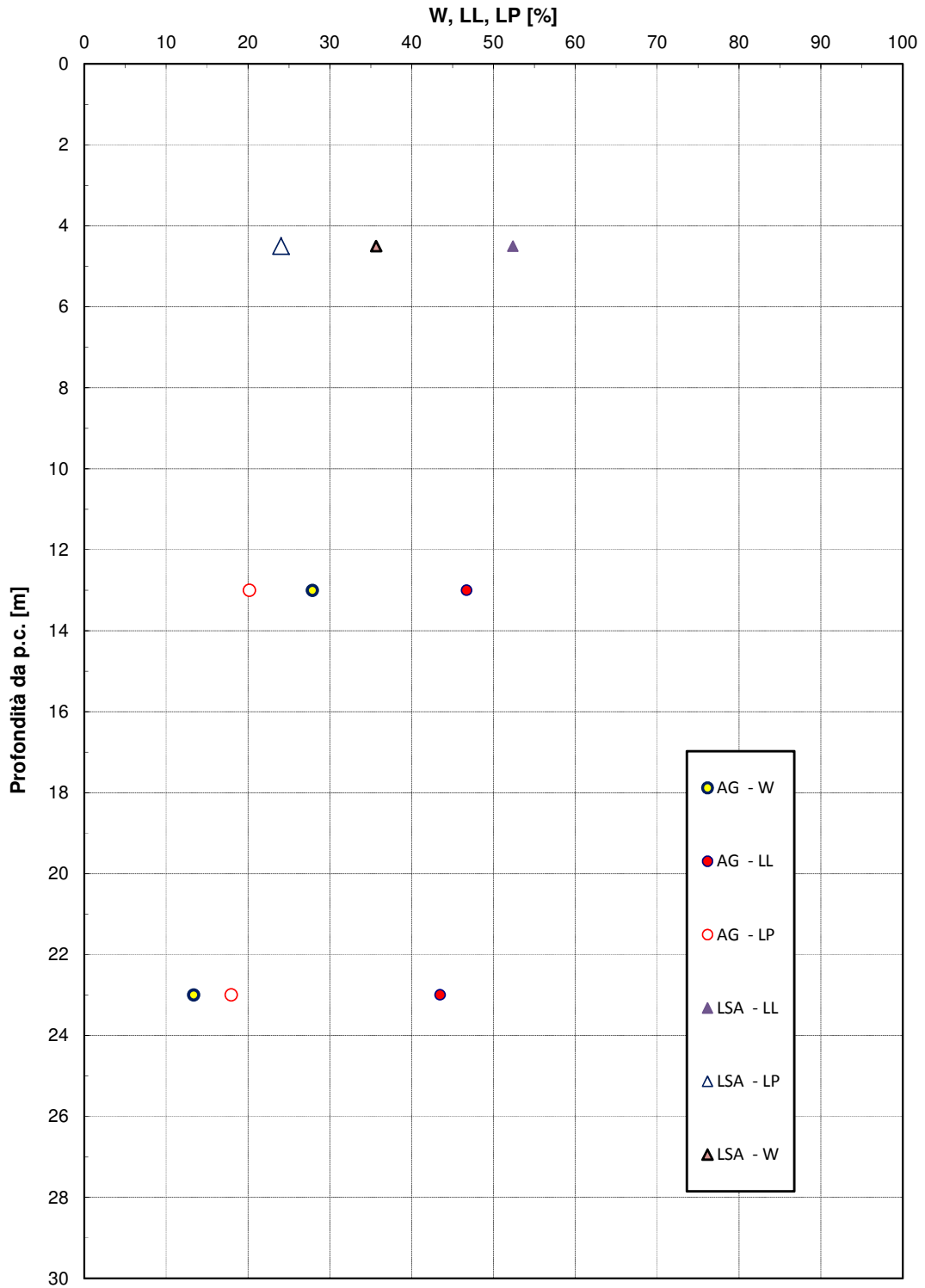


Figura 4 – Contenuto naturale d'acqua e limiti di Atterberg

### Andamento dell'indice plastico

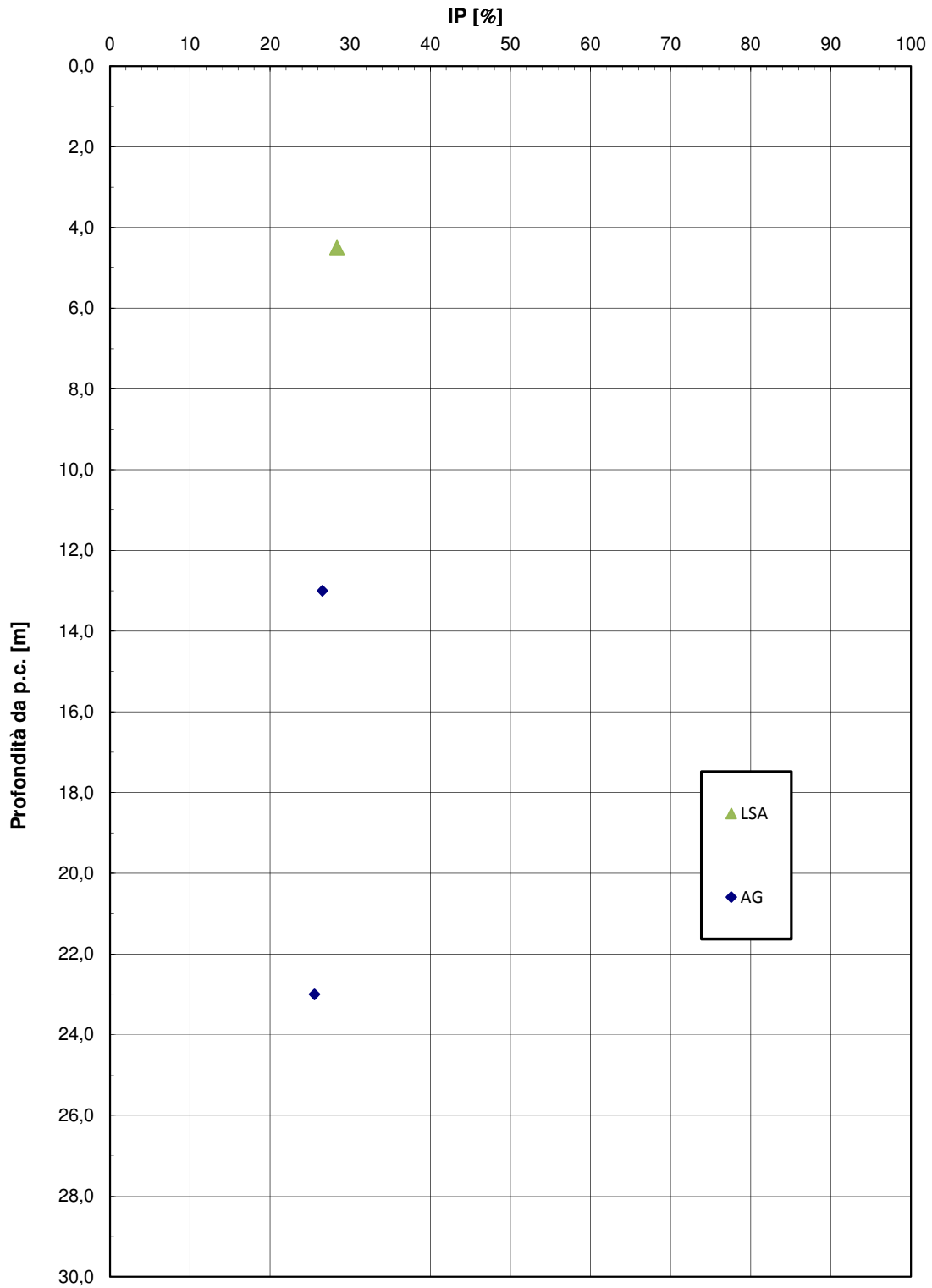


Figura 5 – Indice plastico



**Carta di Plasticità di Casagrande**

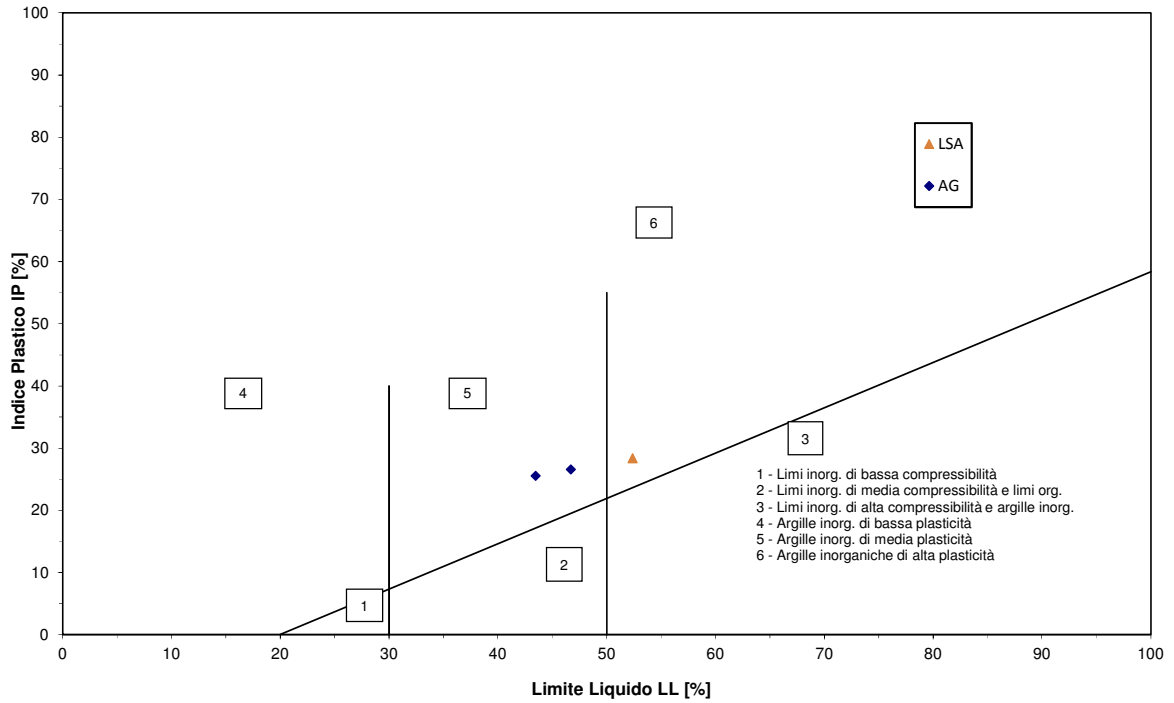


Figura 6 – Carta di plasticità di Casagrande

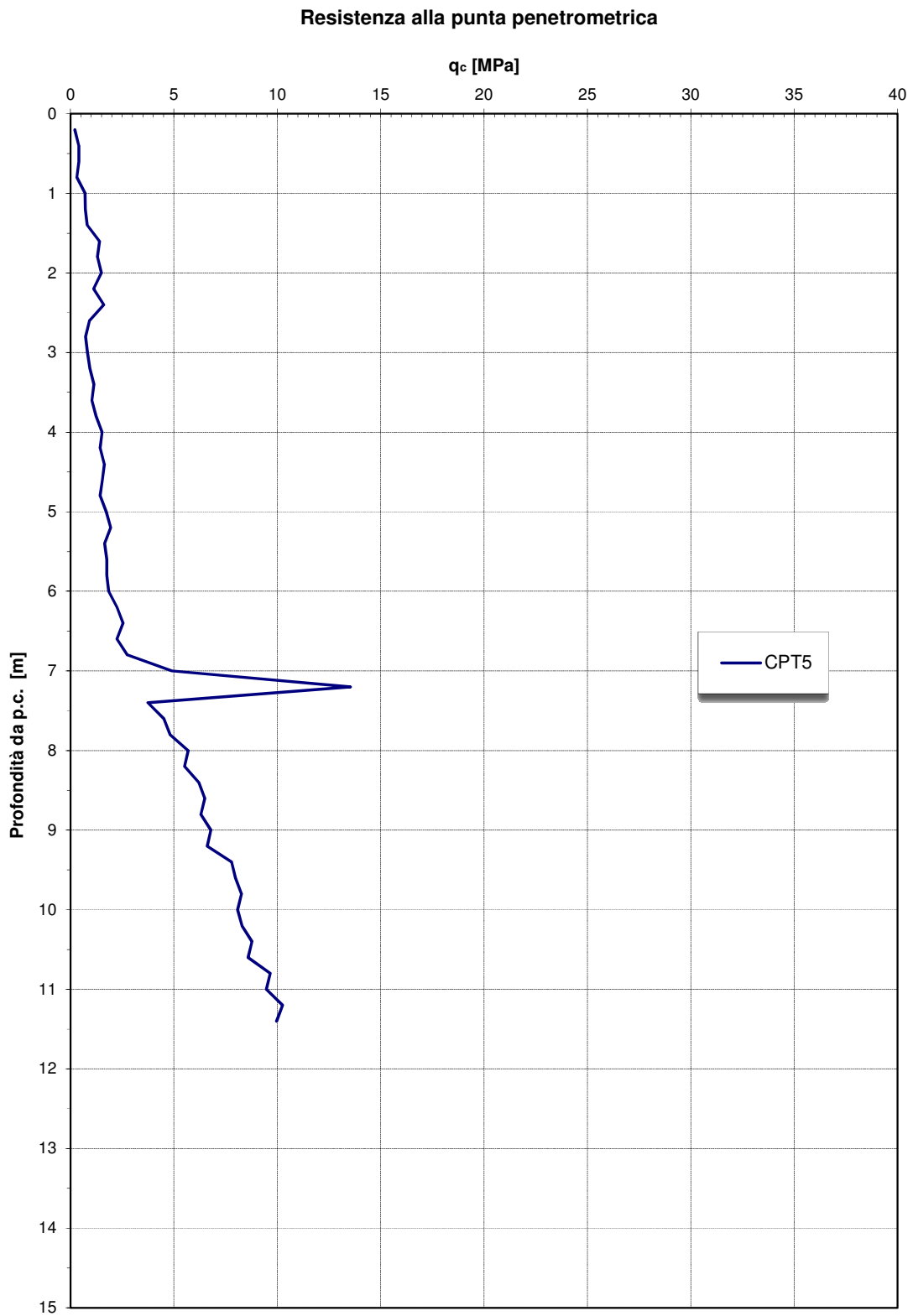


Figura 7 – Resistenza alla punta penetrometrica da prova CPT – CPT5

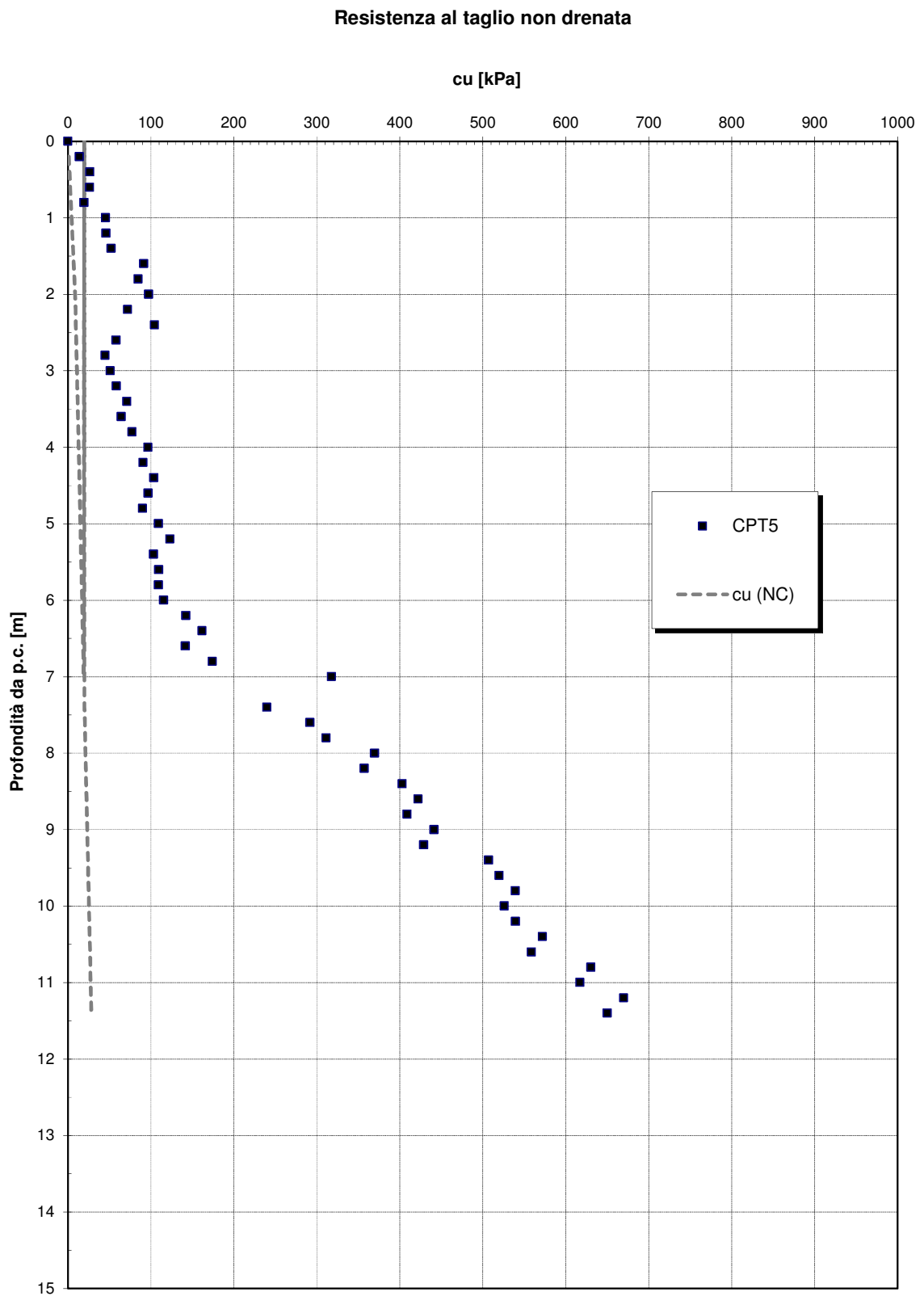


Figura 8 – Resistenza al taglio non drenata Cu da prova CPT5

### Modulo di deformazione confinato per terreni coesivi

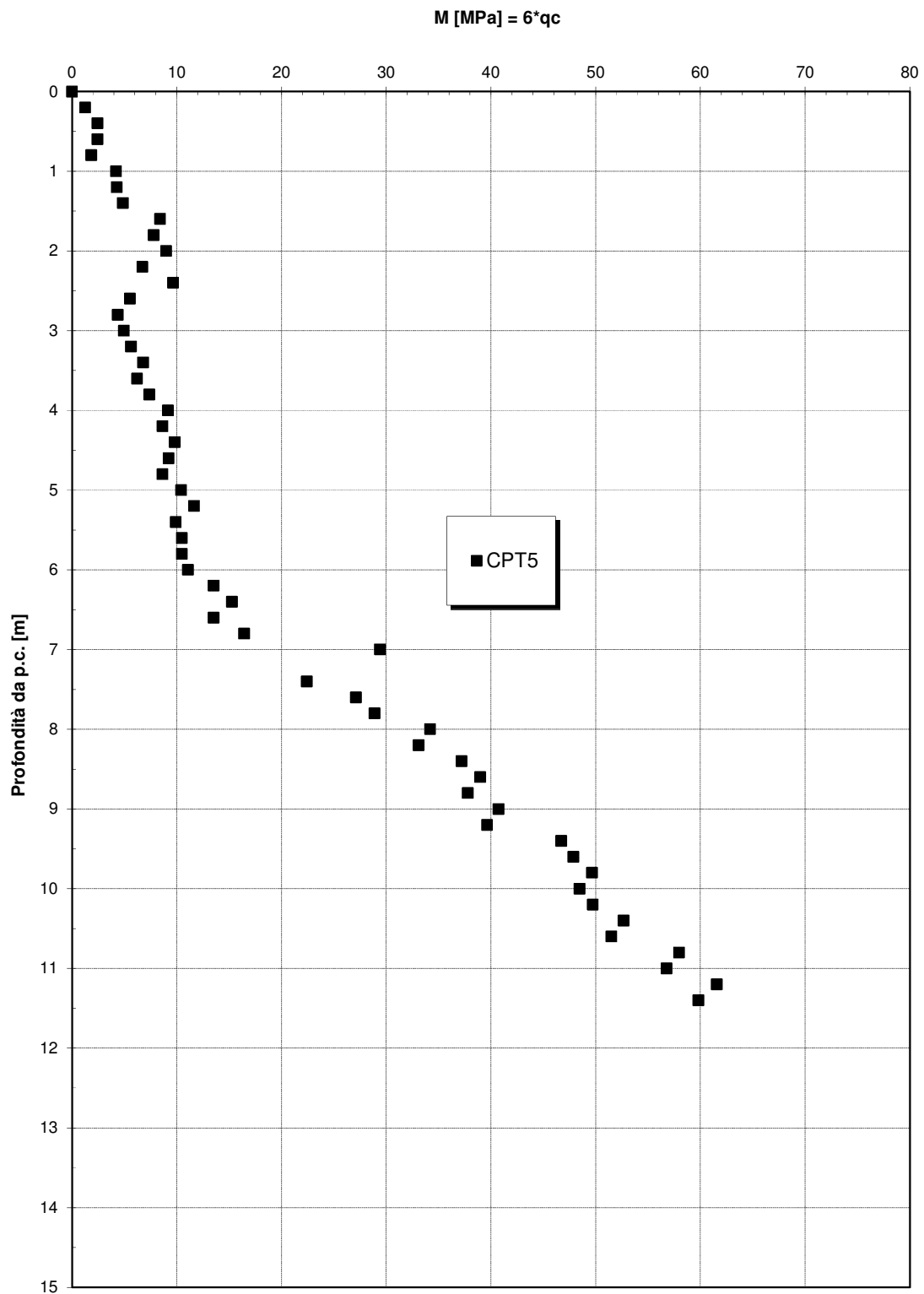


Figura 9 – Modulo di deformazione da prova CPT5

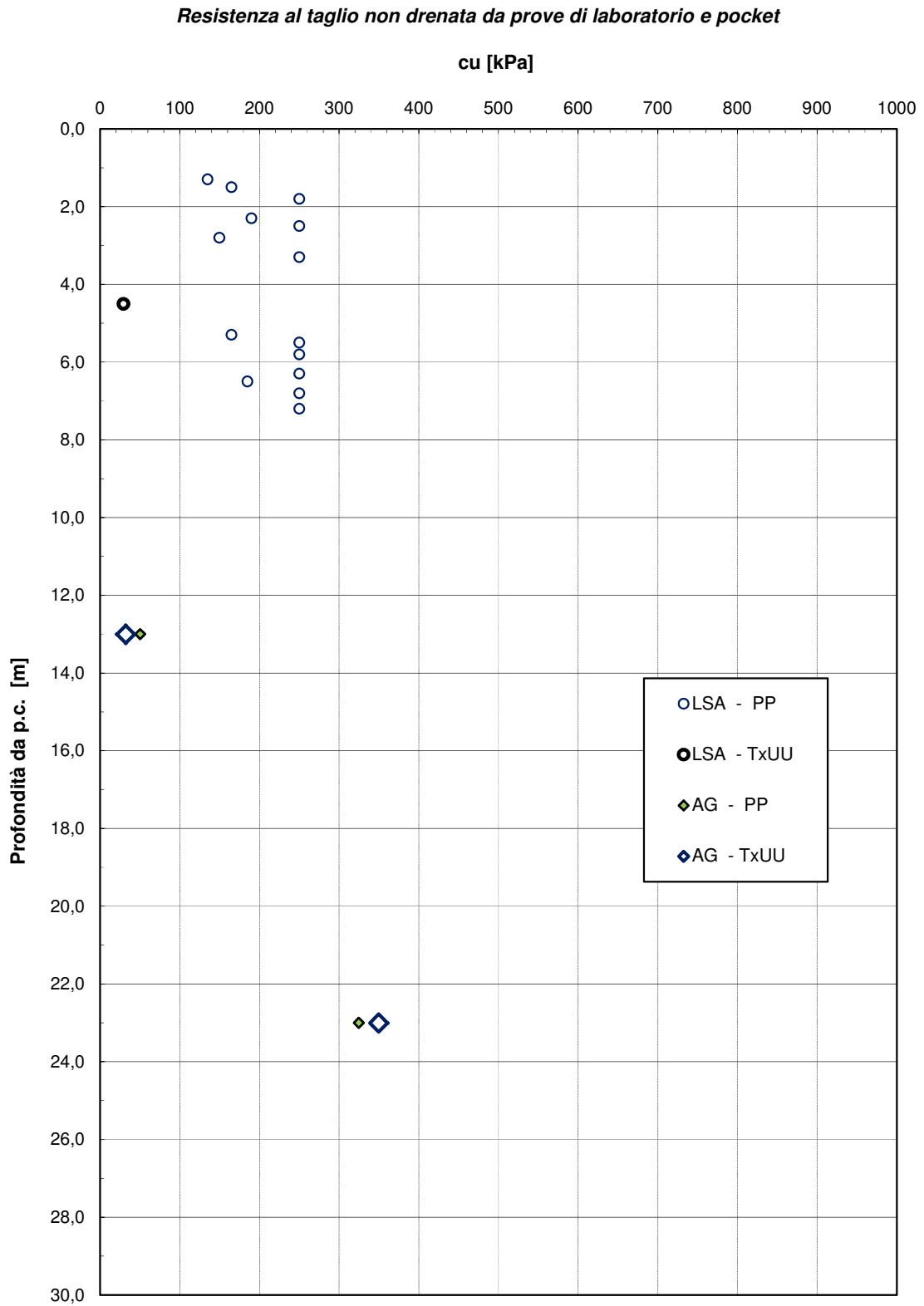
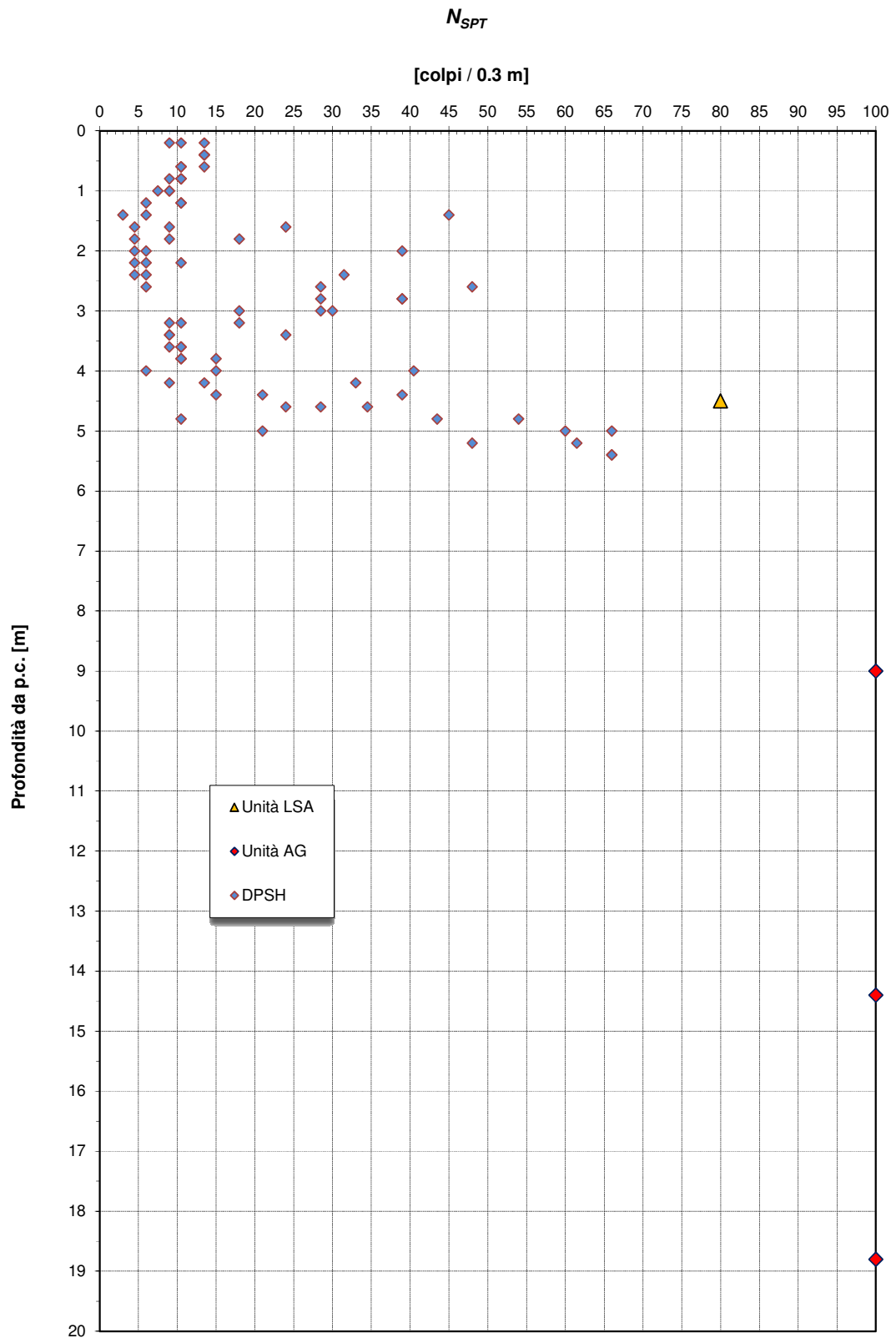


Figura 10 – Resistenza al taglio non drenata da Pocket Penetrometer



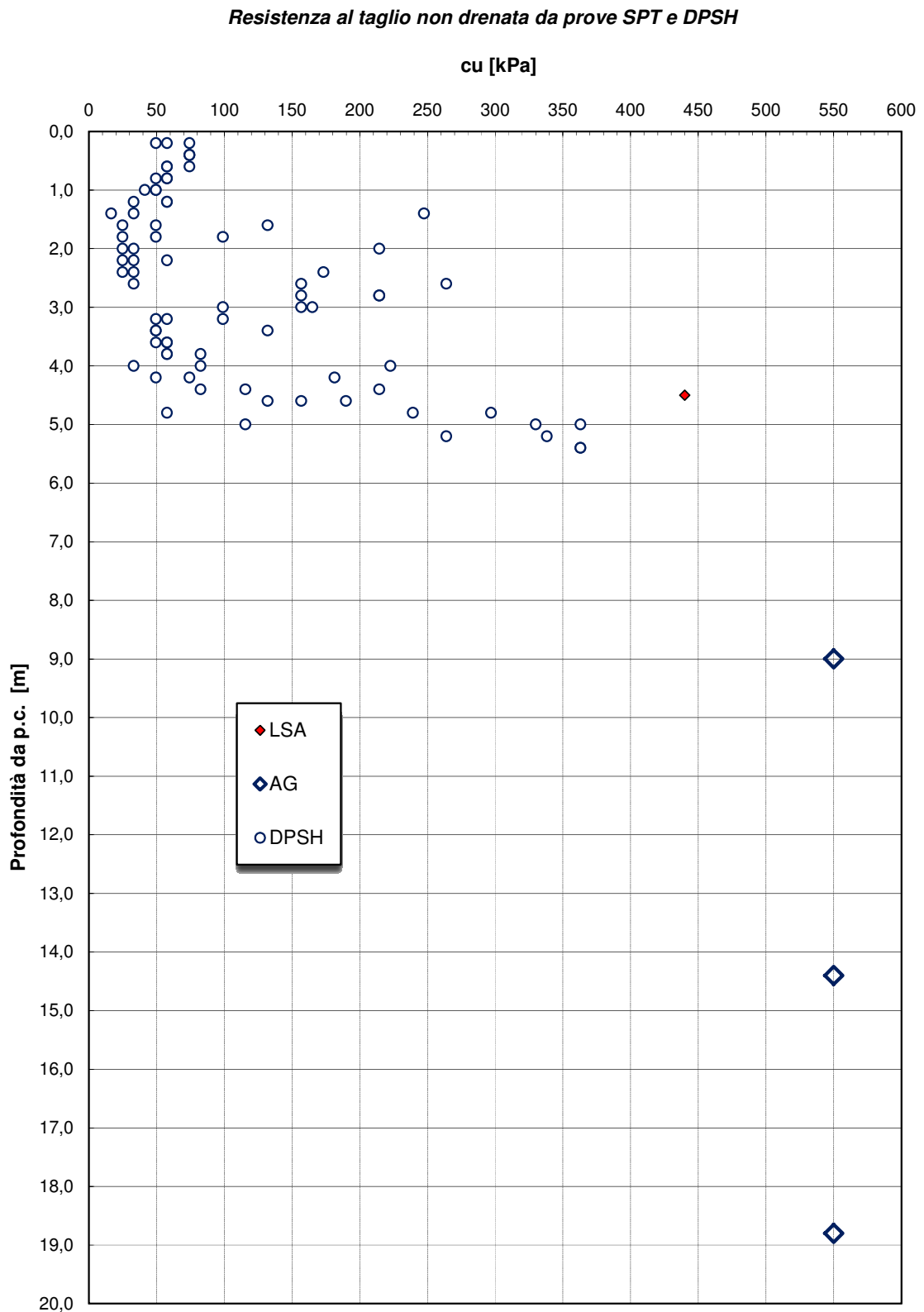


Figura 12 – Resistenza al taglio non drenata da SPT e DPSH

**Modulo di deformabilità da prove SPT e DPSH**

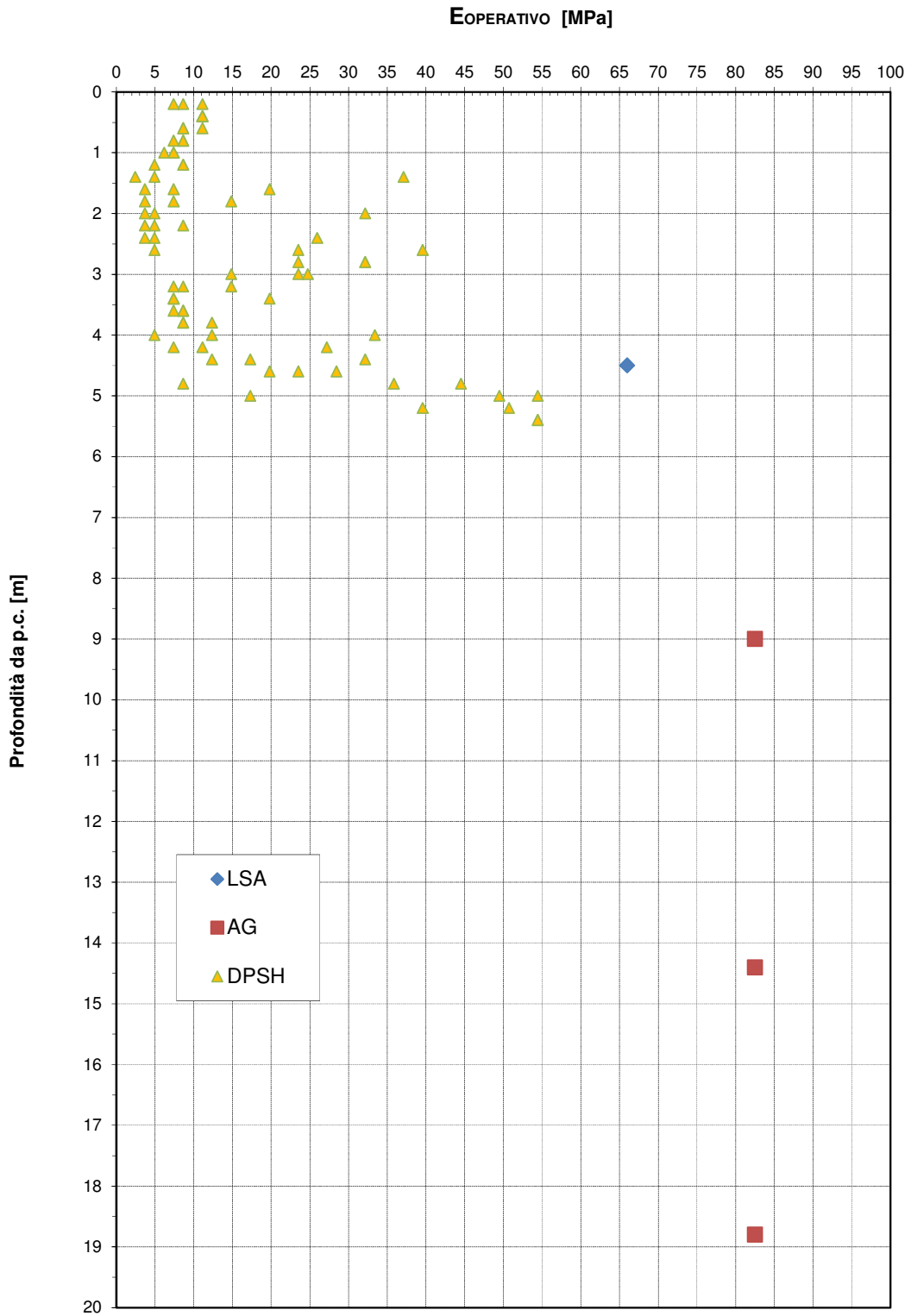


Figura 13 – Modulo elastico operativo da SPT e DPSH



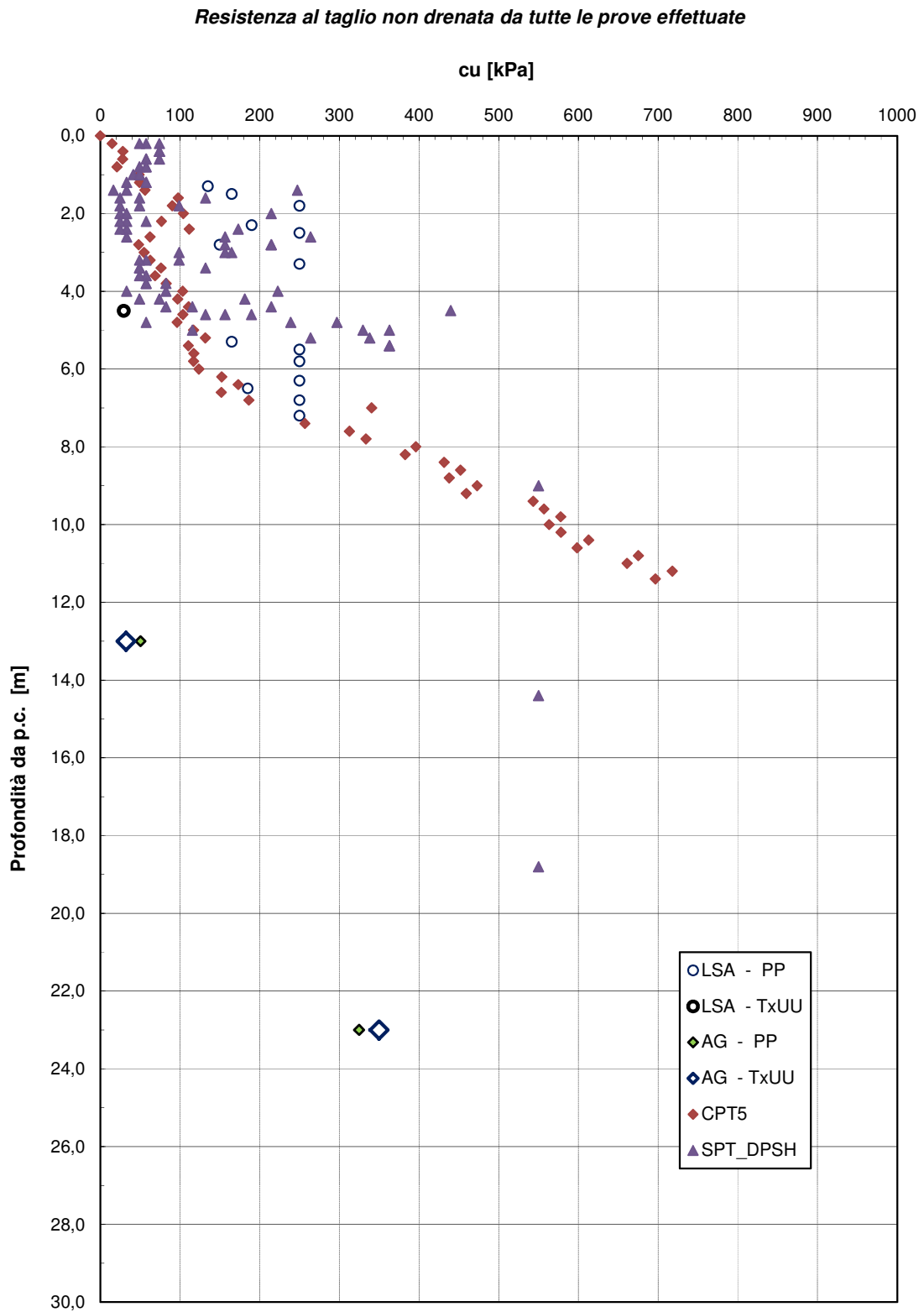


Figura 14 – Resistenza al taglio non drenata da tutte le prove disponibili

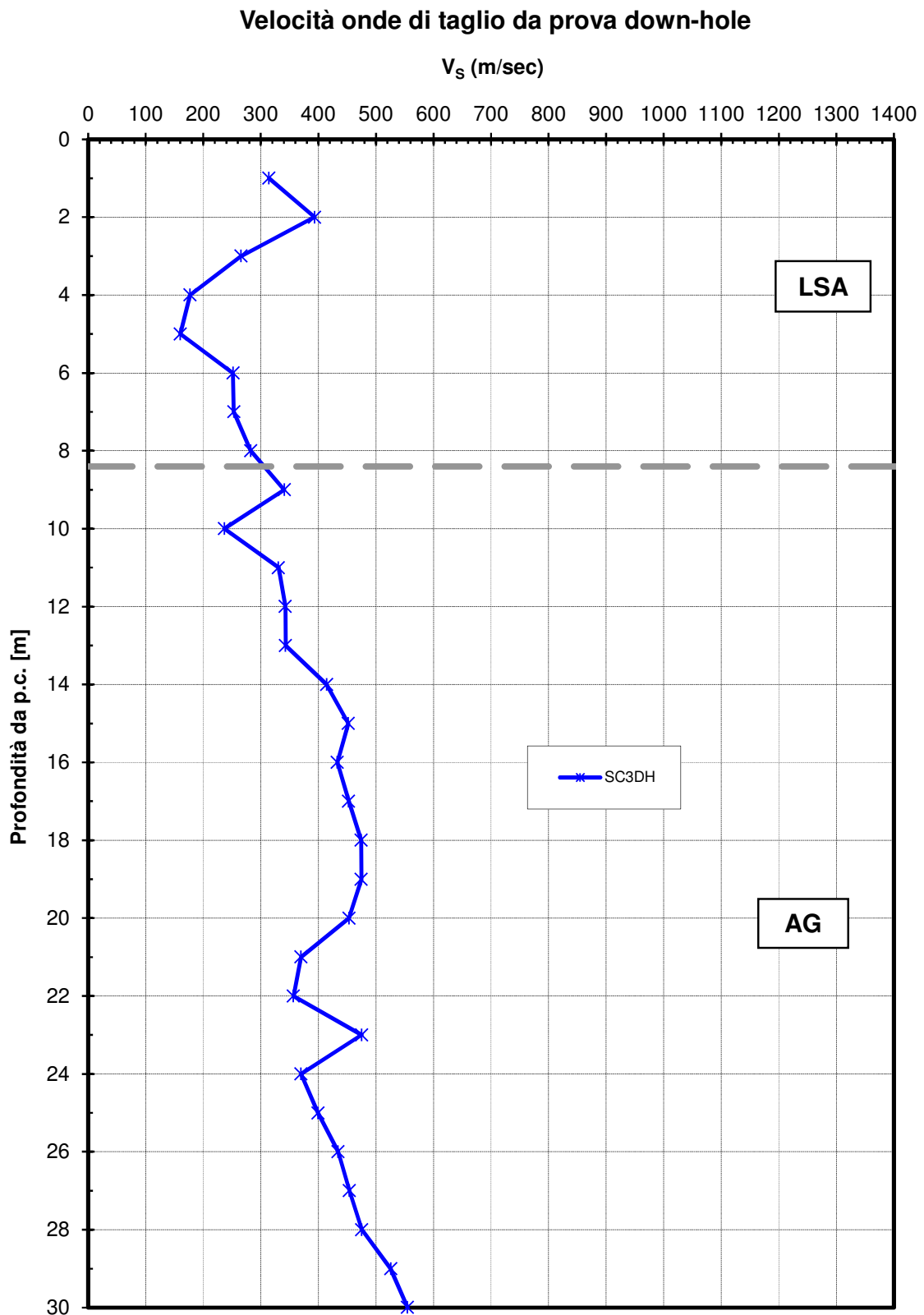


Figura 15 – Velocità delle onde di taglio da prova Down-Hole – SD3DH

### Modulo di deformazione a taglio iniziale $G_0$ da prova down-hole

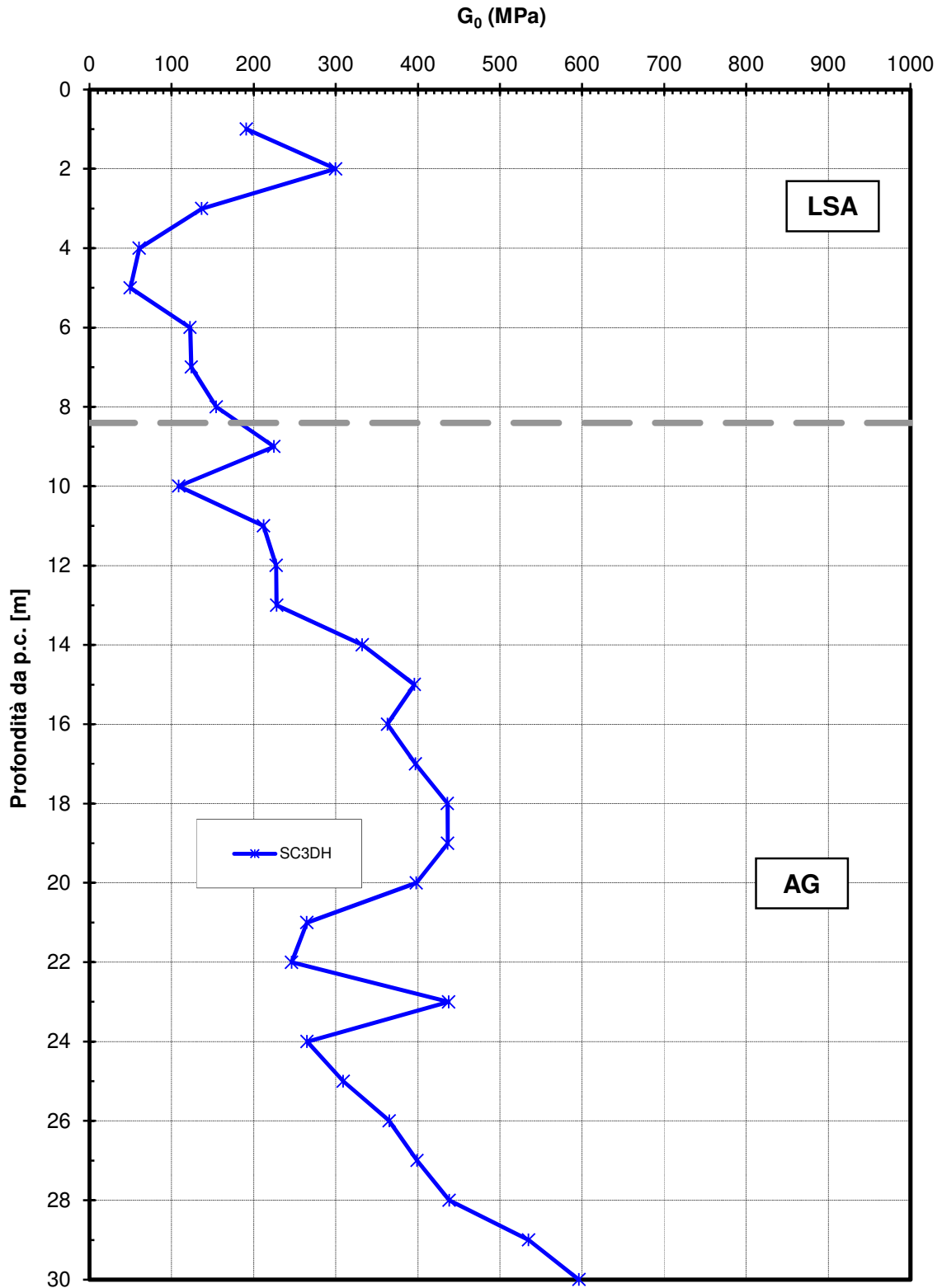


Figura 16 – Modulo di deformazione a taglio iniziale da prova Down-Hole – SD3DH

### Modulo di deformazione di Young iniziale $E_0$ da prova down-hole

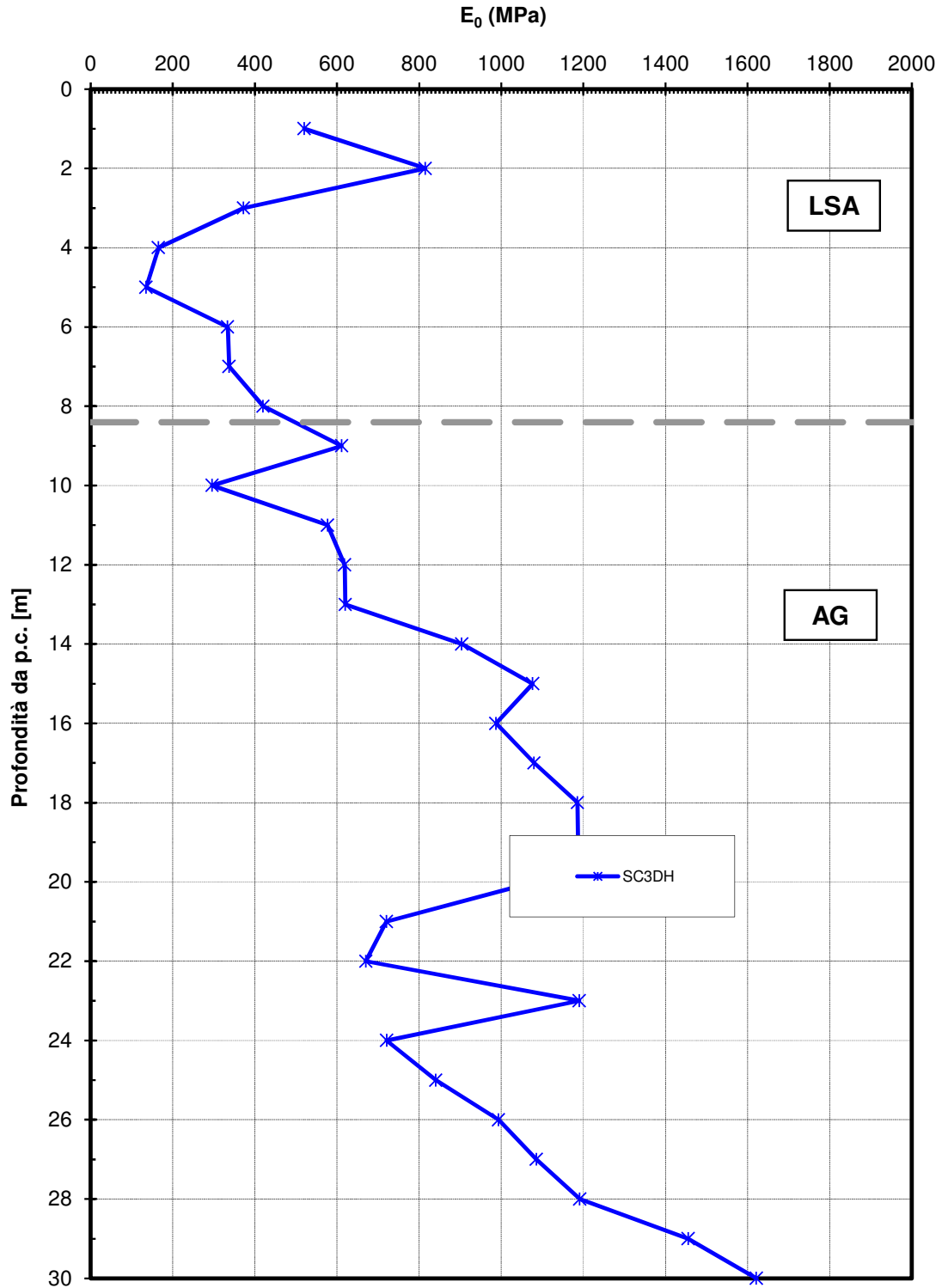


Figura 17 – Modulo elastico iniziale di deformazione da prova Down-Hole – SD3DH

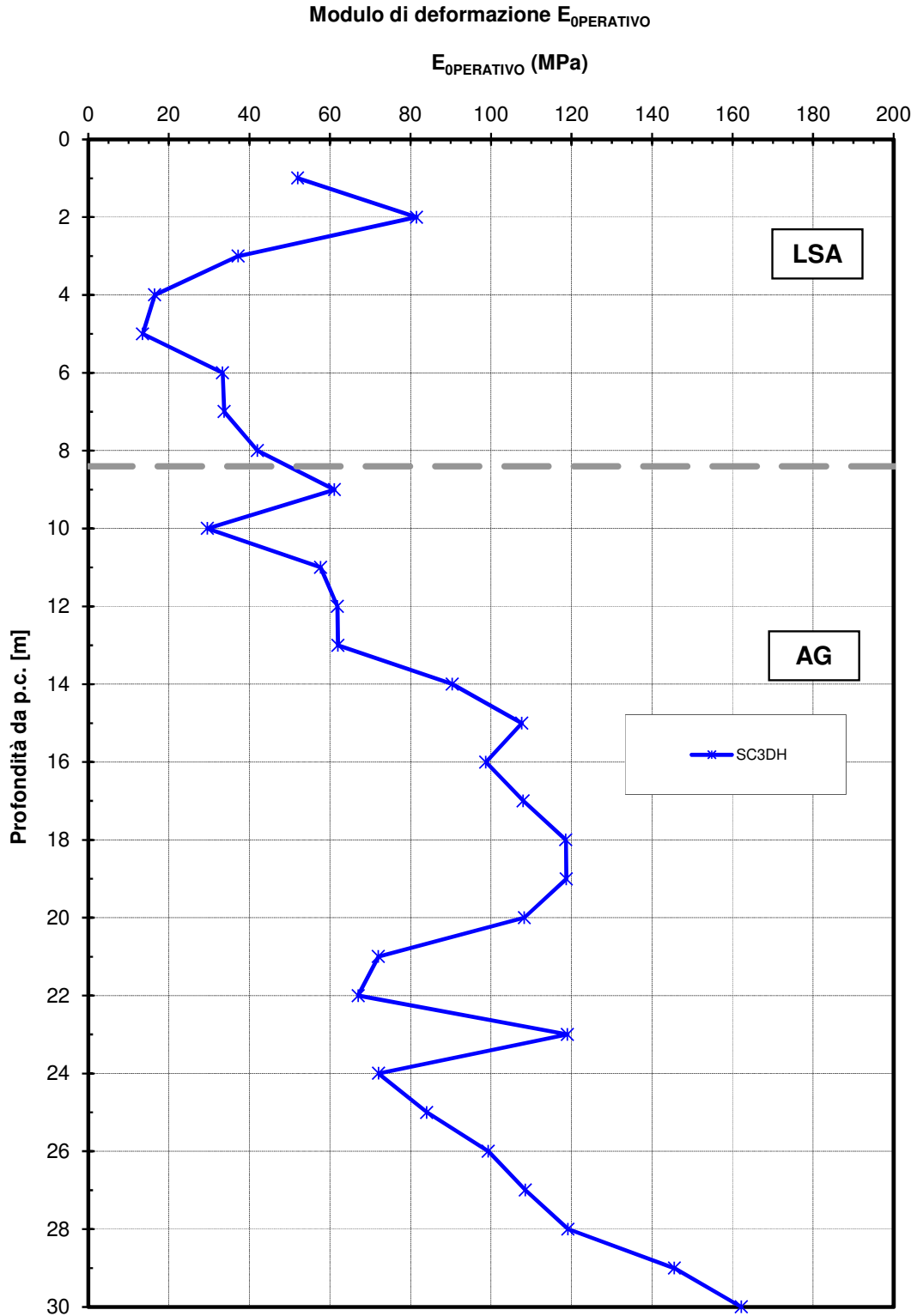


Figura 18 – Andamento modulo elastico operativo  $E_{0PERATIVO}$  da prova Down Hole

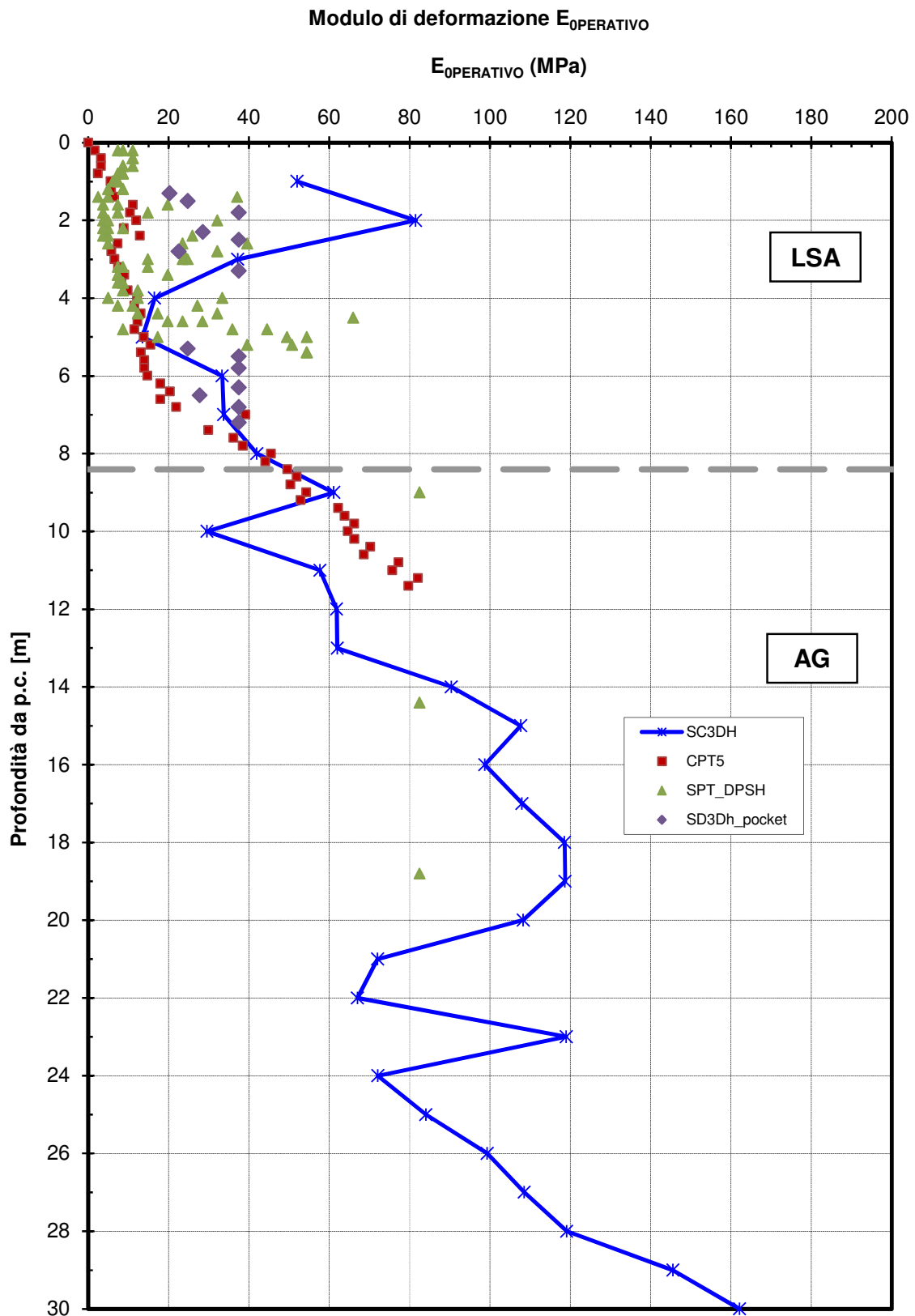


Figura 19 – Andamento modulo elastico operativo  $E_{0PERATIVO}$  ottenuto da tutte le prove in sito

### 4.3 PARAMETRI GEOTECNICI

Di seguito si riportano il range dei parametri geotecnici stimati per le unità geotecniche riscontrate, sulla base dell'elaborazione statistica dei risultati delle prove geotecniche in sito e in laboratorio sia con riferimento alla campagna integrativa sopra descritta che a quella di PEA (cfr. Relazione geotecnica di PEA [4]).

#### Unità LSA – Limi sabbiosi argillosi

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 22 \div 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 2 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 40 \div 100 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E' = 3 \div 20 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

#### Unità AG – Argille limose grigie

$\gamma = 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24 \div 27^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 10 \div 35 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 300 \div 500 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E' = 50 \div 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

Da quanto sopra riportato si evince che le indagini integrative effettuate nella presente fase di PED, hanno di fatto confermato il modello geologico-geotecnico di riferimento di PEA per il tratto in esame; tuttavia tenuto conto del regime pluviometrico eccezionale registrato nei mesi scorsi in concomitanza con le lavorazioni ed i movimenti terra in corso per la realizzazione degli interventi previsti dal PEA, che hanno inevitabilmente contribuito al rimaneggiamento ed alla saturazione della fascia superficiale della coltre affiorante, nella presente fase di PED si è considerato la

presenza di uno strato denominato LSA(a), (o LSA alterato) di spessore medio di 2-3m, al quale a vantaggio di sicurezza sono stati assegnati i seguenti parametri ridotti:

#### **Unità LSA (a) – Strato superficiale alterato**

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 20^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

Per quanto riguarda il rilevato di nuova realizzazione, realizzato con materiale arido da cava avente i requisiti di CSA, si riprende quanto riportato nella Relazione sul Corpo Stradale PEGTRT02\_31 di PEA [4], adottando i seguenti parametri:

#### **UNITA' Ril\_new - Rilevato nuovo con materiale da cava**

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

Nella presente fase di PED, si è previsto inoltre l'esecuzione preventiva di una ulteriore bonifica del piano di appoggio della TR rispetto alle quote di PEA ( si vedano gli elaborati grafici di progetto) , mediante la asportazione del terreno in posto, potenzialmente rimaneggiato, e la sostituzione dello stesso con materiale inerte da rilevato avente i requisiti previsti dal C.S.A., opportunamente compattato, per uno spessore stimato in minimo di 1 m, e comunque fino al raggiungimento dei requisiti di CSA per il piano di posa della terra rinforzata.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici assegnati a tale strato di bonifica

#### **UNITA' Bon – Bonifica con materiale inerte da rilevato**

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

In definitiva nel calcolo dell'opera in esame nella presente fase di PED, in linea con le ipotesi di PEA, si è trascurato nella stratigrafia di riferimento, la presenza seppur accertata a fronte delle



indagini integrative degli strati più profondi LSA non alterato ed AG, e si è considerato la sola presenza della formazione più superficiale LSA (a) alterata al di sotto dello strato di bonifica progettualmente previsto.

Di seguito si riporta un confronto tra la stratigrafia relativi parametri geotecnici adottati nei calcoli di PEA e PED :

**Tabella 1** Parametri geotecnici di progetto –PEA-PED.

Litotipo	PED			PEA		
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
SIT ( LSA (a) alterato-terreno in posto )	20	20	0			
SIT ( LSA-terreno in posto )				20	25	5
BON- strato di bonifica mat. Arido da cava	20	35	0			
RIL- rilevato stradale con materiale da cava	20	38	0	20	38	0

Per quanto riguarda infine i livelli di falda in condizioni simiche, si ipotizza un livello di falda a quota fondo fosso Agliastrozzo pari a circa -3.0 m dal piano campagna.

Mentre per le verifiche statiche a lungo termine, a vantaggio di sicurezza ed in virtù degli eventi meteorologici eccezionali occorsi, si ipotizza cautelativamente un livello piezometrico a circa - 0.50m da p.c.

## 5 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  $\geq 50$  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:

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

cui compete un valore del tempo di ritorno pari a:

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

## 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  $\phi'$ , con  $\phi'$  angolo di resistenza al taglio di progetto.

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

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

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

Ai fini della caratterizzazione sismica per la progettazione delle opere minori distribuite lungo il tracciato questo è stato suddiviso in tratti di 5 km caratterizzati da superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ . Ciascun tratto di 5 km è stato contraddistinto in base alle coordinate del punto baricentrico del tratto stesso.

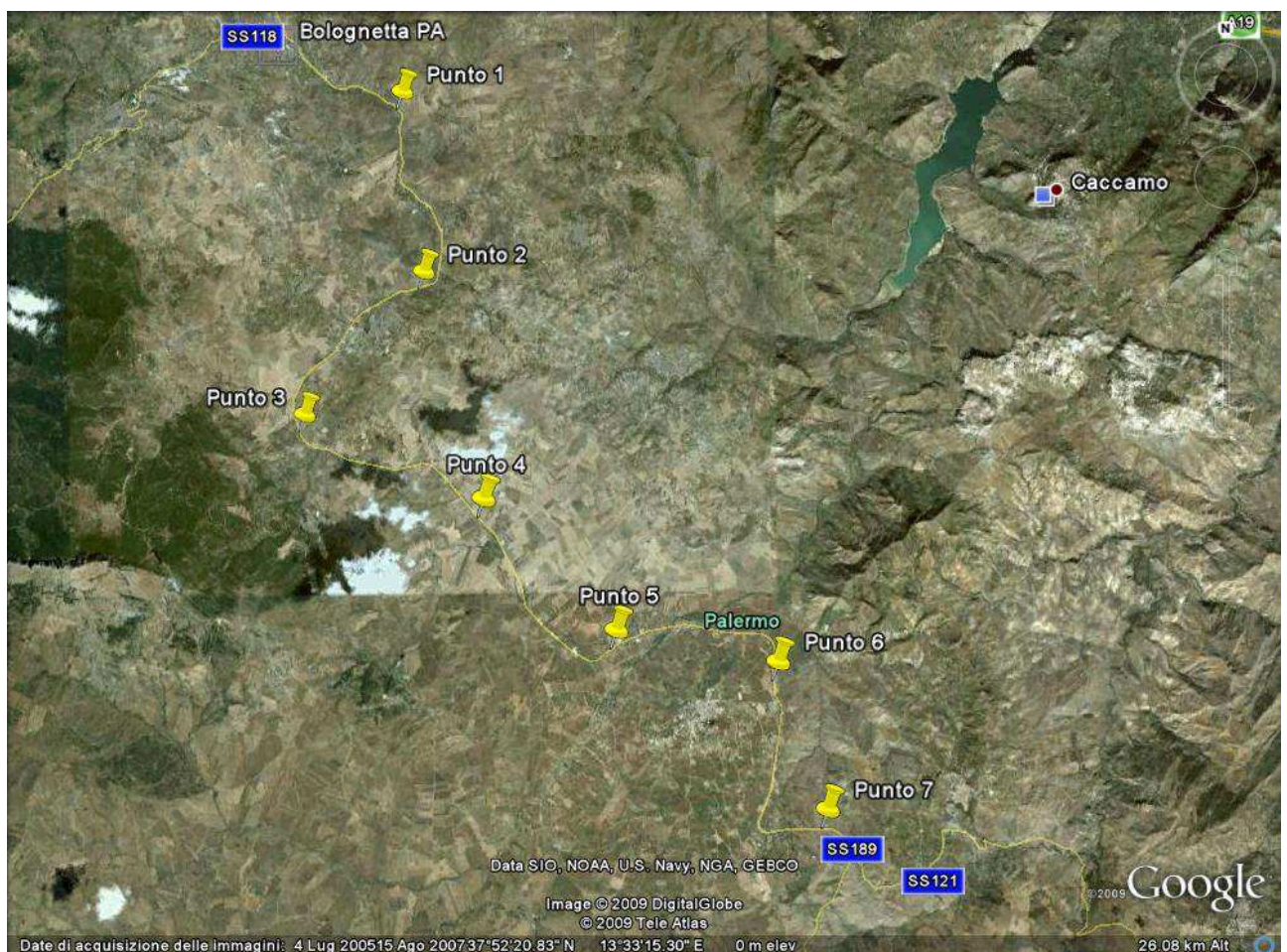
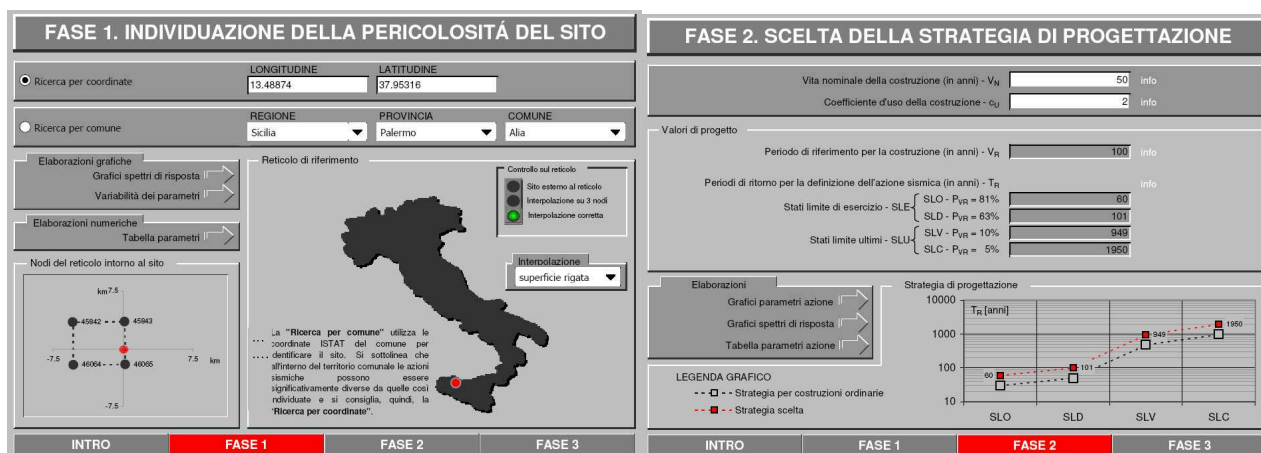


Figura 20 Localizzazione tracciato

Le seguenti tabelle indicano l'identificazione della zona in cui ricade l'opera in esame in relazione alle coordinate geografiche corrispondenti alle medesime progressive.

Progressive km 0+000 - km 5+000



Si riportano, nella tabella seguente, i valori di accelerazione di picco e gli altri parametri significativi degli spettri di progetto, relativamente al tratto in cui ricade l'opera in oggetto.

Progressiva	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_{c^*}$ [s]
0+000 - 3+300	0.204	2.454	0.312
3+300 - 5+000			

Per quanto riguarda il profilo di terreno (Classe A, B, C, ...) si fa riferimento secondo quanto riportato nella relazione sismica di PEA [3] alla seguente categoria :

<b>Categoria</b>
B

Si riporta di seguito il riepilogo della caratterizzazione dell'opera:

- 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

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 = 1.198;
- massima accelerazione orizzontale al suolo  $a_g/g = 0.204;$
- coefficiente di riduzione  $\beta_m$   $\beta_m=0.31;$ (tab.7.11.II)
- coefficiente di intensità sismica orizzontale  $k_h = 0.075$
- coefficiente di intensità sismica verticale  $k_v = 0.037$

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:

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

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

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 2:** Coefficienti parziali relativi alle azioni per le verifiche a SLU

Parametro		Coefficiente parziale $\gamma_f$	
		A1	A2
Permanente sfavorevole	$\gamma_G$	1.40	1.00
Permanente favorevole		1.00	1.00
Variabile favorevole	$\gamma_Q$	1.50	1.30
Variabile sfavorevole		0.00	0.00

**Tabella 3:** Coefficienti parziali per i parametri del terreno

Parametro		Coefficiente parziale $\gamma_m$	
		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	$\gamma$	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 4:** 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 utilizzando per il calcolo della pressione limite del terreno di fondazione i classici metodi all'equilibrio limite (Terzaghi, Hansen, Meyerhof)

### 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 ( $\tau_u$ ).

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:

$\sigma_v$  = tensione verticale agente sul rinforzo

L = lunghezza della zona di ancoraggio

W = larghezza del rinforzo

$\mu$  = coefficiente di interazione tra materiale del rilevato e rinforzo

$\varphi$  = angolo di attrito interno del materiale da rilevato

I valori del coefficiente di interazione  $\mu$  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 5:** Valori del coefficiente di interazione  $\mu$  per rinforzi metallici

Tipo di interazione	Valore di $\mu$
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 tenecità sono stati assunti pari a:

**Tabella 6:** Valori del coefficiente di interazione  $\mu$  per rinforzi in poliestere ad alta tenecità

Tipo di interazione	Valore di $\mu$
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 4.0.

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

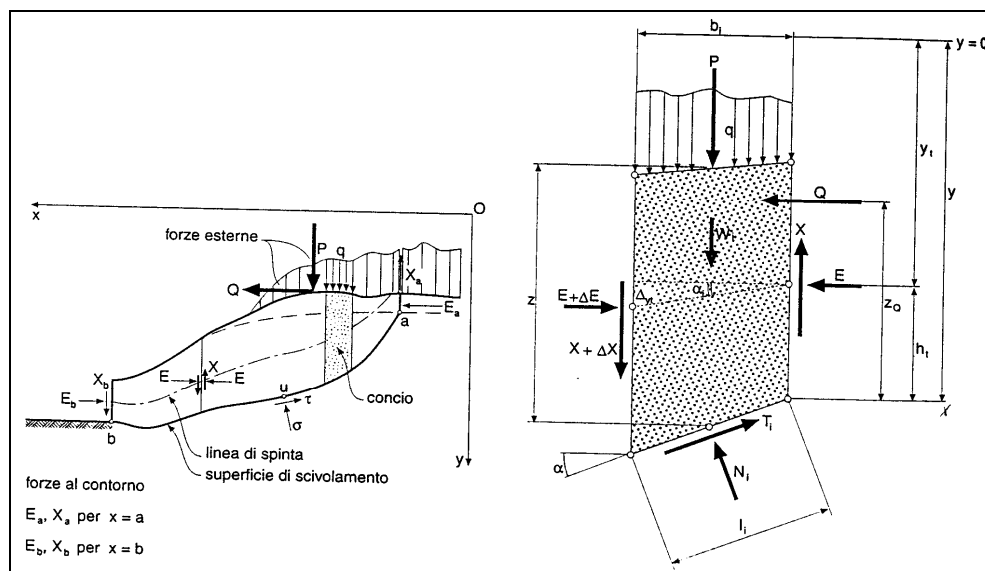
Queste verifiche consentono di accertare che la geometria della sezione esaminata, in relazione alle caratteristiche di resistenza al taglio del materiale impiegato, assicuri un sufficiente fattore di sicurezza nei confronti della rottura.

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 concetti 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 21.** 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 rilevato di altezza pari a 0.60 m opportunamente compattato e posto all'estradosso dello strato di bonifica (sezione tipo 1) o poggiato sull'estradosso del solettone su pali (sezione tipo 2); sopra tale modulo, con arretramento pari a 0.50 m, si dispone una successione di strati di terreno da rilevato compattato, dello spessore di circa 0.76 m con cassero in rete elettrosaldata 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.

Nel caso in esame come detto in premessa, benchè la sezione tipologica della TR in elevazione sia la stessa per tutto lo sviluppo dell'opera, in relazione al piano di appoggio della stessa si distinguono 2 tratti:

- sezione Tipo 1 , tra pk 3+959-sez 199-e 4+00 sez. 201, la TR risulta appoggiata sul terreno in sito, previa opportuno strato di bonifica secondo quanto riportato negli elaborati grafici e quanto previsto dal CSA.; in questo tratto è prevista altresì la posa di una gabbionata al piede della TR avente funzione di protezione idraulica.

- sezione Tipo 2- compresa tra pk 4+00 -sez. 201 e pk 4+051-sez 204, la TR presenta un'opera di presidio al piede costituita da un solettone in c.a. su pali..



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

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni nella situazione più gravosa.

## 9 RISULTATI DI CALCOLO)

Il dimensionamento è stato effettuato per tutte le sezioni trasversali; di seguito si riportano i risultati per le sezioni maggiormente significative:

- Sezione tipo 1 – senza opera di presidio al piede
- Sezione Tipo 2- con opera di presidio (sole verifiche di stabilità interne della TR- per il dimensionamento e le verifiche dell’opera si rimanda all’apposita relazione di calcolo elab. PEOS8RC02\_40\_4137)

### 9.1 SEZIONE TIPO 1-

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

**Tabella 7:** *Caratteristiche geometriche e meccaniche dei blocchi in t.r.*

Blocco	Larghezza (m)	Altezza (m)	Lunghezza rinf. (m)	Resistenza rinf. (m)
Blocco Fond	7.50	0.60	7.50	80 kN/m
Blocco TMV1	5.00	1.52	5.00	80 kN/m
Blocco TMV2	5.00	2.28	5.00	50 kN/m
Blocco GG_TESTA	3.00	0.01	3.00	50 kN/m

Nella figura seguente si riporta il modello di input della terra rinforzata per la sezione in esame in condizioni statiche e sismiche .



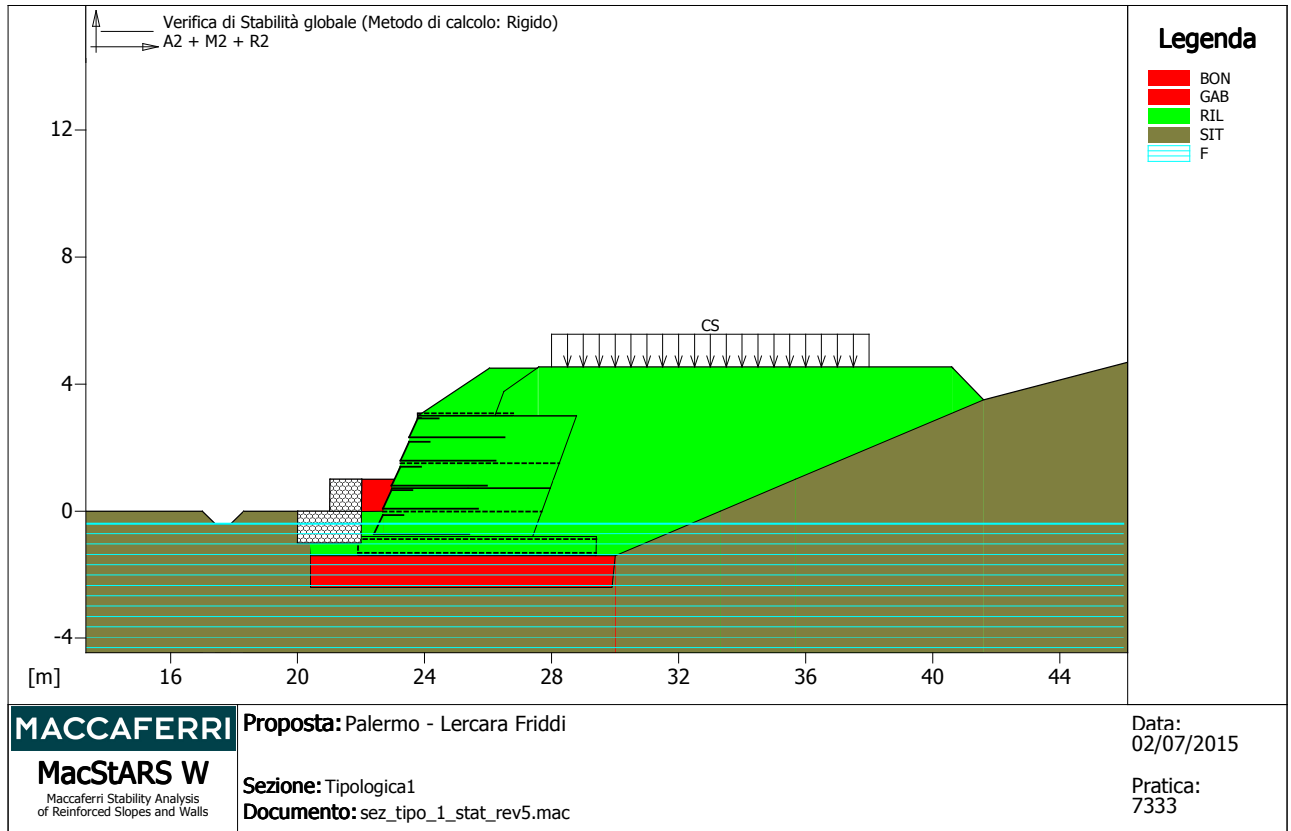


Figura Input di calcolo modello terra rinforzata sez.tipo 1 statica

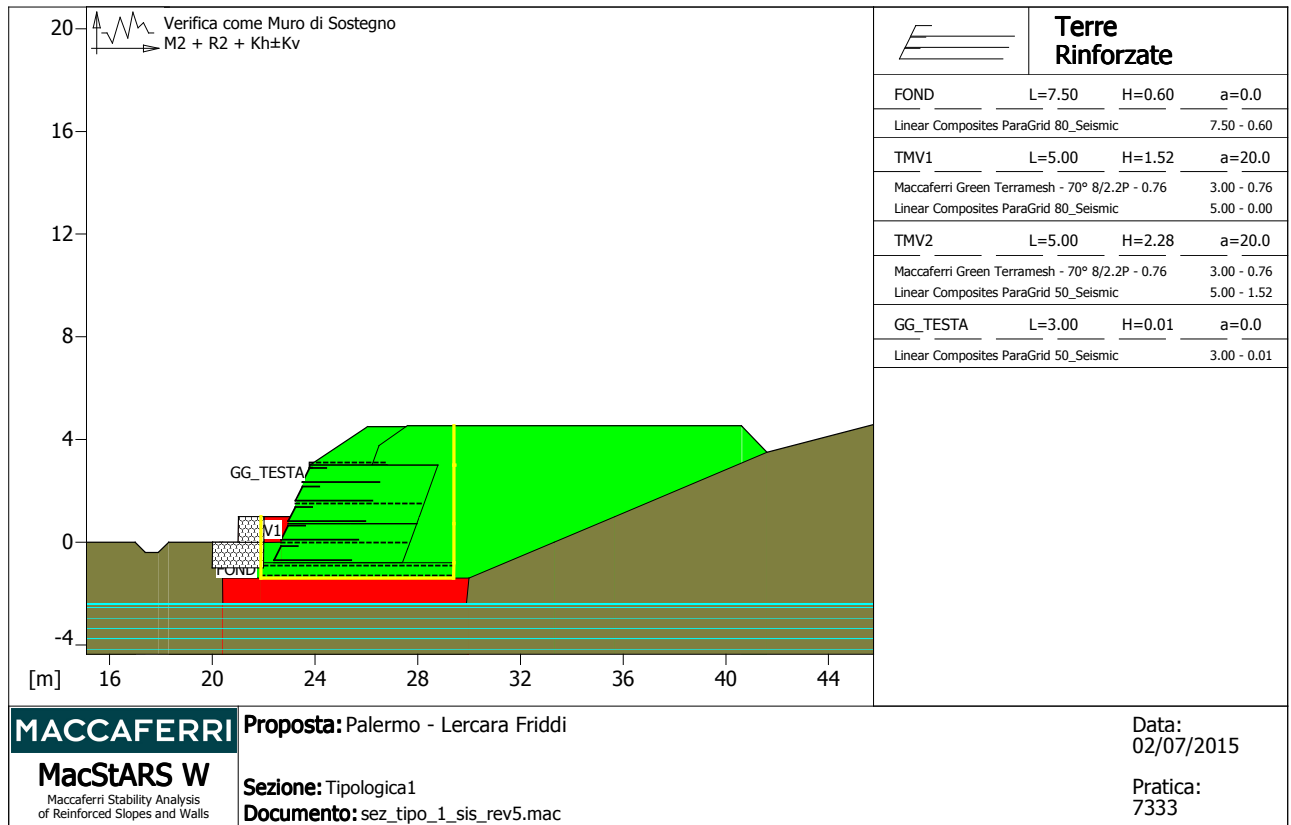


Figura Input di calcolo modello terra rinforzata sez.tipo 1 - sismica

### 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 8:** 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	1.091	1.20	2.14
Sismica	1.081	1.19	1.709

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 normalizzati del fattore  $\gamma_R$  previsto dalla normativa, al variare della combinazione e della tipologia di verifica.

**Tabella 9:** *Coefficienti di sicurezza analisi di corpo rigido*

Combinazione	Fs scorrimento	Fs ribaltamento	Fs capacità portante
Statica	2.568	8.047	1.266
Sismica	2.256	5.829	1.625

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 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 TIPO 2

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 Fond	7.50	0.60	7.50	80 kN/m
Blocco TMV1	5.00	1.52	5.00	80 kN/m
Blocco TMV2	5.00	2.28	5.00	50 kN/m
Blocco GG_TESTA	3.00	0.01	3.00	50 kN/m

Nella figura seguente si riporta il modello di input della terra rinforzata per la sezione in esame in condizioni statiche e sismiche .

Nella modellazione della sezione in esame si è trascurata a vantaggio di sicurezza la presenza del solettone su pali su cui risulta appoggiata la TR, continuando ad ipotizzare la presenza dello strato di terreno in posto, essendo per tale sezione significative le sole verifiche di stabilità interna e di corpo rigido essendo la stabilità globale assicurata dalla suddetta opera di presidio all'uopo opportunamente dimensionata ( si veda a tal proposito la relativa relazione di calcolo specifica) pertanto di seguito riguardo si riportano i risultati delle sole verifiche di stabilità interna della TR.

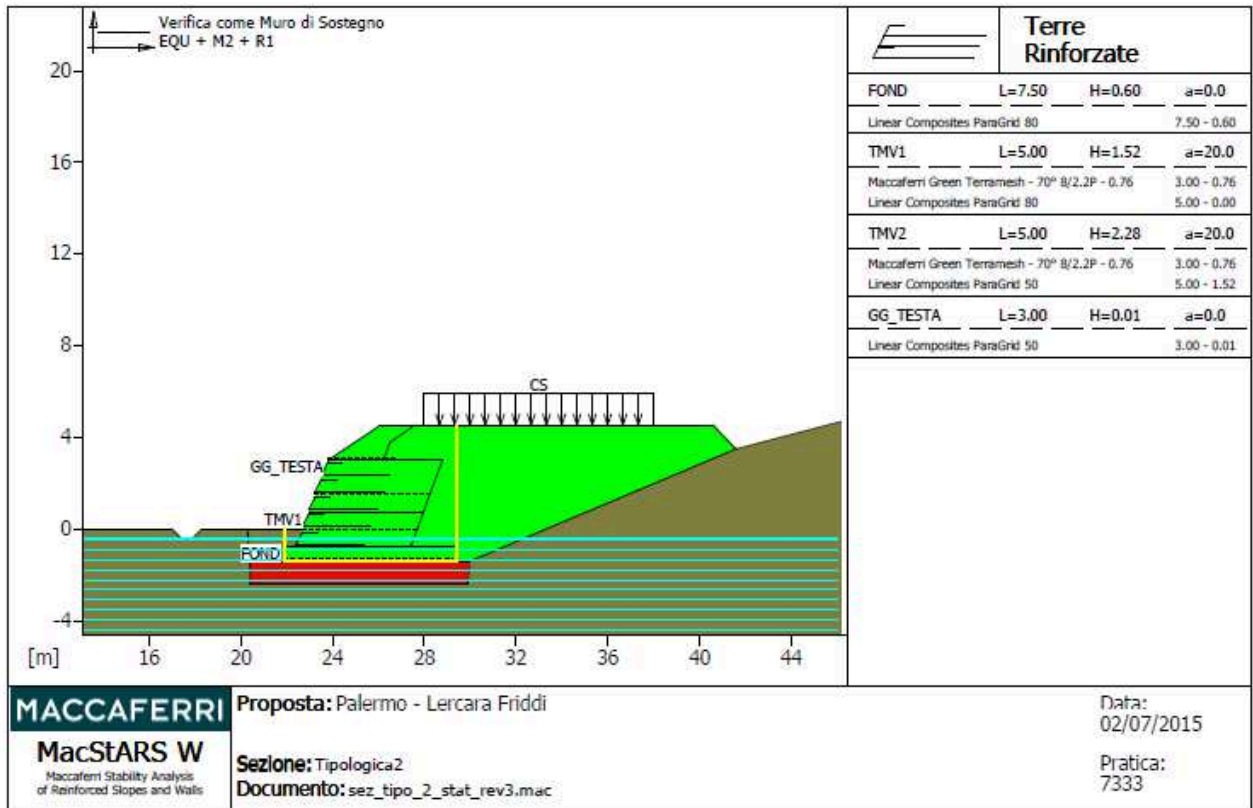


Figura -Input di calcolo modello terra rinforzata sez.tipo 2-statica

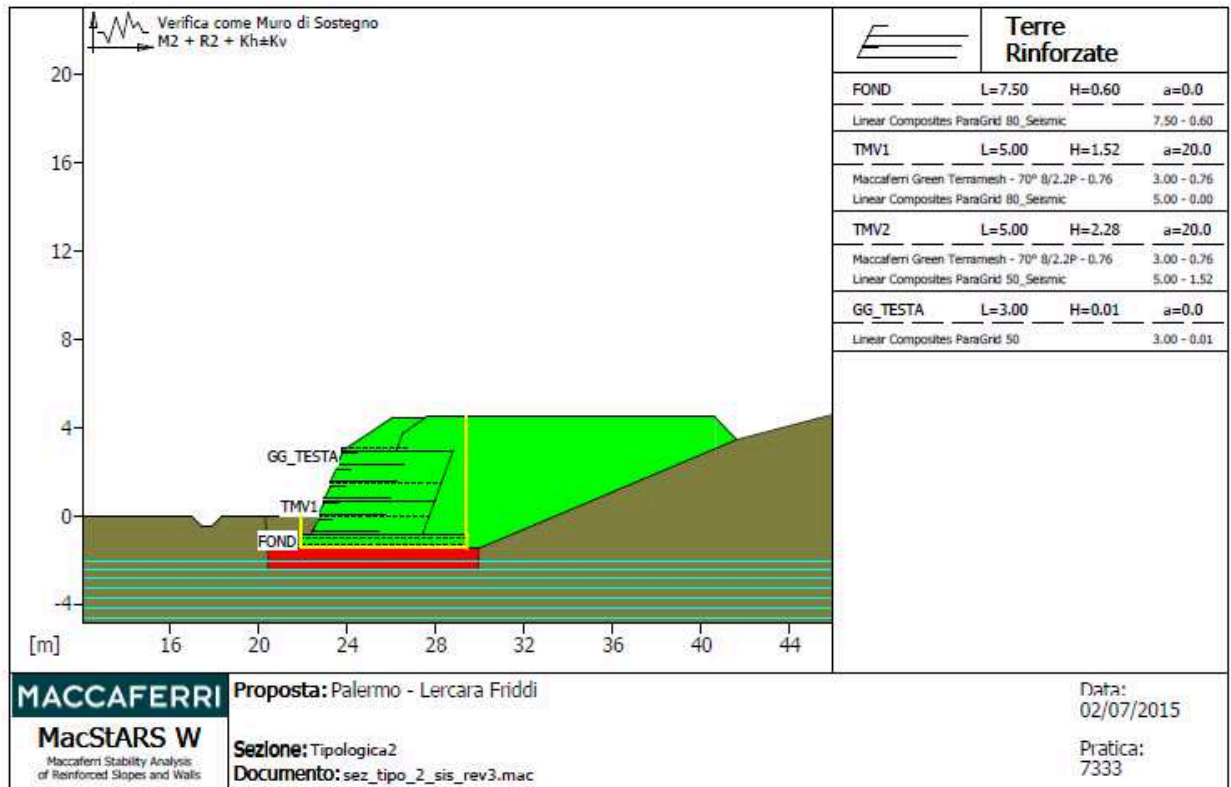


Figura -Input di calcolo modello terra rinforzata sez.tipo 2-sismica

### 9.2.1 Verifiche di stabilità

Le verifiche di stabilità comprendono le verifiche di stabilità globale e le verifiche di stabilità interna. Nel caso della sezione in esame essendo la TR appoggiata sul solettone in c.a. su pali, si riportano nella tabella seguente i soli coefficienti di sicurezza della stabilità interna, ottenuti nelle verifiche al variare della combinazione

**Tabella 10:** *Coefficienti di sicurezza analisi di stabilità*

Combinazione	Fs stab interna
Statica	1.836
Sismica	1.709

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

In allegato alla presente relazione sono riportati i tabulati di input ed output del programma macstars 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. In questo caso data la presenza del solettone in c.a. la verifica di capacità portante, seppur esplicitata, deve intendersi superflua.

Nella tabella seguente si riportano i coefficienti di sicurezza normalizzati del fattore  $\gamma_R$  previsto dalla normativa, al variare della combinazione e della tipologia di verifica.

**Tabella 11:** *Coefficienti di sicurezza analisi di corpo rigido*

Combinazione	Fs scorrimento	Fs ribaltamento	Fs capacità portante
Statica	2.499	8.020	1.250
Sismica	2.216	5.845	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 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.,BECCHI,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 DI STABILITA' SEZIONE TIPO 1  
COMBINAZIONE STATICA**

**ALLEGATO 2: TABULATI DI CALCOLO VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE TIPO 1  
COMBINAZIONE M2+R2+SISMA**

**ALLEGATO 3: TABULATI DI CALCOLO VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE TIPO 2  
COMBINAZIONE STATICA**

**ALLEGATO 4: TABULATI DI CALCOLO VERIFICA DI STABILITA' SEZIONE TIPO 2  
COMBINAZIONE M2+R2+SISMA**

# 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...: Palermo - Lercara Friddi

Sezione.....: Tipologica1

Località.....:

Pratica.....: 7333

File.....: sez\_tipo\_1\_stat\_rev5.mac

Data.....: 02/07/2015

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 .....	3
PROFILI FALDE FREATICHE.....	3
MURI IN GABBIONI.....	3
Muro : GB .....	3
BLOCCHI RINFORZATI .....	4
Blocco : FOND.....	4
Blocco : TMV1 .....	4
Blocco : TMV2 .....	5
Blocco : GG_TESTA .....	5
CARICHI.....	6
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI .....	6
VERIFICHE.....	8
Verifica di stabilità globale :.....	8
Verifica di stabilità interna : .....	9
Verifica come muro di sostegno : .....	10
Verifica come muro di sostegno : Statica .....	11

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI**

<b>Terreno : BON</b>	Descrizione : Bonifica
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 20.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : GAB</b>	Descrizione : Riempimento gabbioni
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 17.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 17.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 18.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

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

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

**PROFILI STRATIGRAFICI**

**Strato: BON**

Descrizione: Bonifica

Terreno : BON

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
20.40	-1.40	30.00	-1.40				

**Strato: PC**

Descrizione:

Terreno : SIT

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	17.00	0.00	17.40	-0.40	17.90	-0.40
18.30	0.00	20.30	0.00	20.40	-1.40	20.41	-2.40
29.90	-2.40	30.00	-1.40	41.60	3.50	46.20	4.70

**Strato: RIL**

Descrizione: Rilevato

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
20.30	0.00	25.10	0.00	26.50	3.77	27.60	4.54
40.60	4.54	41.60	3.50				

**PROFILI FalDE FREATICHE**

**Falda: F**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
0.00	-0.40			46.00	-0.40		

**MURI IN GABBIONI**

**Muro : GB**

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 20.00 Ordinata.....= -1.00

Rotazione muro.....[°].....= 0.00

Materiale riempimento gabbioni.....: GAB  
 Terreno di riempimento a tergo.....: BON  
 Terreno di copertura.....: BON  
 Terreno di fondazione.....: SIT

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

Gabbioni senza diaframmi

Maglia 8x10

Diametro filo 2,7 [mm]

Classe Pu

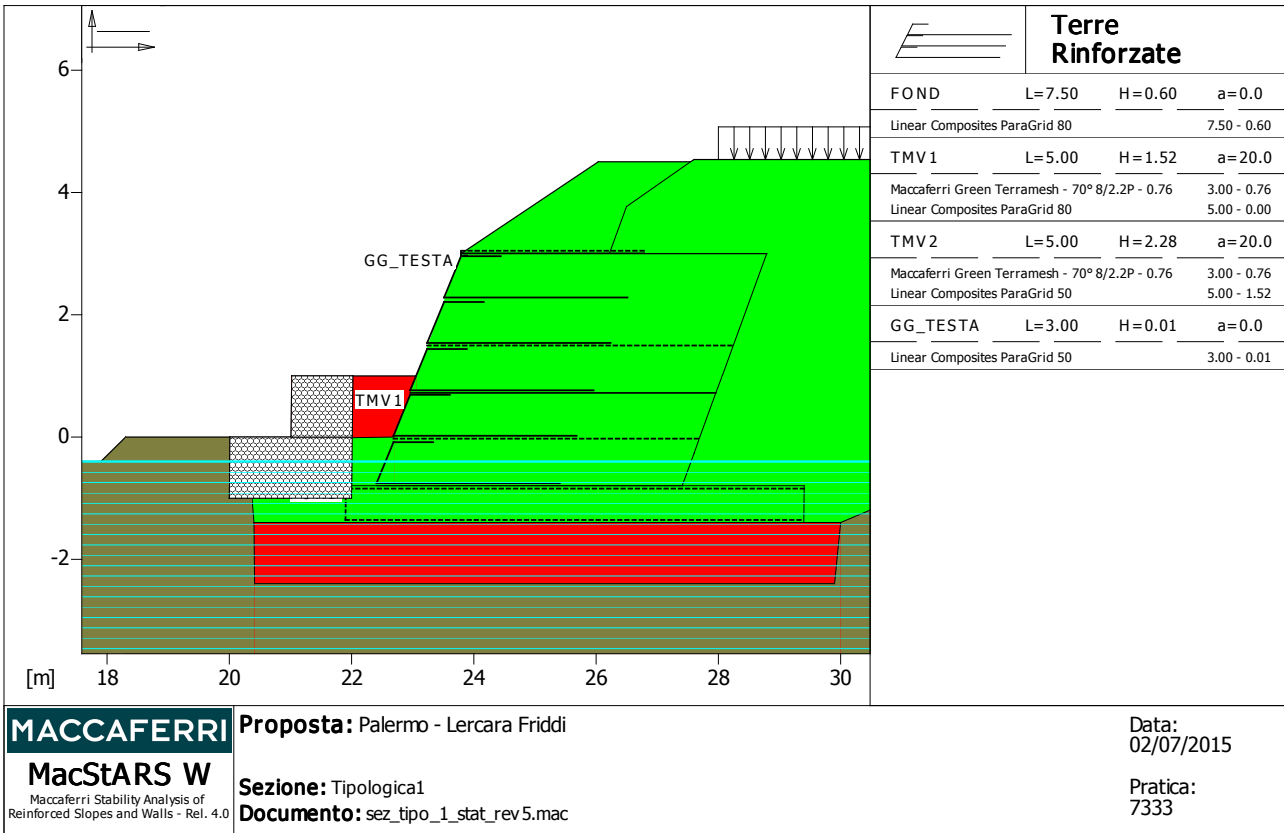
: Pu

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00

Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**BLOCCHI RINFORZATI**



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

**Proposta:** Palermo - Lercara Friddi  
**Sezione:** Tipologica1  
**Documento:** sez\_tipo\_1\_stat\_rev5.mac

**Data:**  
02/07/2015  
**Pratica:**  
7333

**Blocco : FOND**

Dati principali [m] : Larghezza = 7.50 Altezza = 0.60  
 Coordinate Origine [m] : Ascissa = 21.90 Ordinata = -1.40  
 Inclinazione paramento [°] : 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia  
 Rilevato strutturale : RIL  
 Terreno di riempimento a tergo : RIL  
 Terreno di copertura : RIL  
 Terreno di fondazione : SIT

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

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

**Rinforzi :**

Linear Composites - ParaGrid - 80

Lunghezza [m] = 7.50  
 Interasse [m] = 0.60  
 Risvolto [m] = 7.50

**Blocco : TMV1**

Dati principali [m] : Larghezza = 5.00 Altezza = 1.52  
 Arretramento [m] = 0.50 da FOND  
 Inclinazione paramento [°] : 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia  
 Rilevato strutturale : RIL

Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
 Terreno di copertura.....: RIL  
 Terreno di fondazione.....: SIT

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 - 80

Lunghezza.....[m] = 5.00  
 Interasse verticale.....[m] = 0.00  
 Offset.....[m] = 0.76

**Blocco : TMV2**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 5.00 Altezza..... = 2.28  
 Arretramento.....[m] = 0.00 da TMV1  
 Inclinazione paramento...[°] : 20.00

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

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] = 5.00  
 Interasse verticale.....[m] = 1.52  
 Offset.....[m] = 0.76

**Profilo di ricopertura:**

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	2.25	1.50	20.00	1.50		

**Blocco : GG\_TESTA**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 3.00 Altezza..... = 0.01  
 Arretramento.....[m] = 0.00 da TMV2  
 Inclinazione paramento...[°] : 0.00

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

Terreno di fondazione.....: RIL

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].....= 3.00  
 Interasse.....[m].....= 0.01  
 Risvolto.....[m].....= 0.10

**CARICHI**

**Pressione : CS**

Descrizione :

Classe : Variabile - sfavorevole

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

Ascissa.....[m] : Da = 28.00 To = 38.00

**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.....[m<sup>3</sup>/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

Linear Composites - ParaGrid - 80

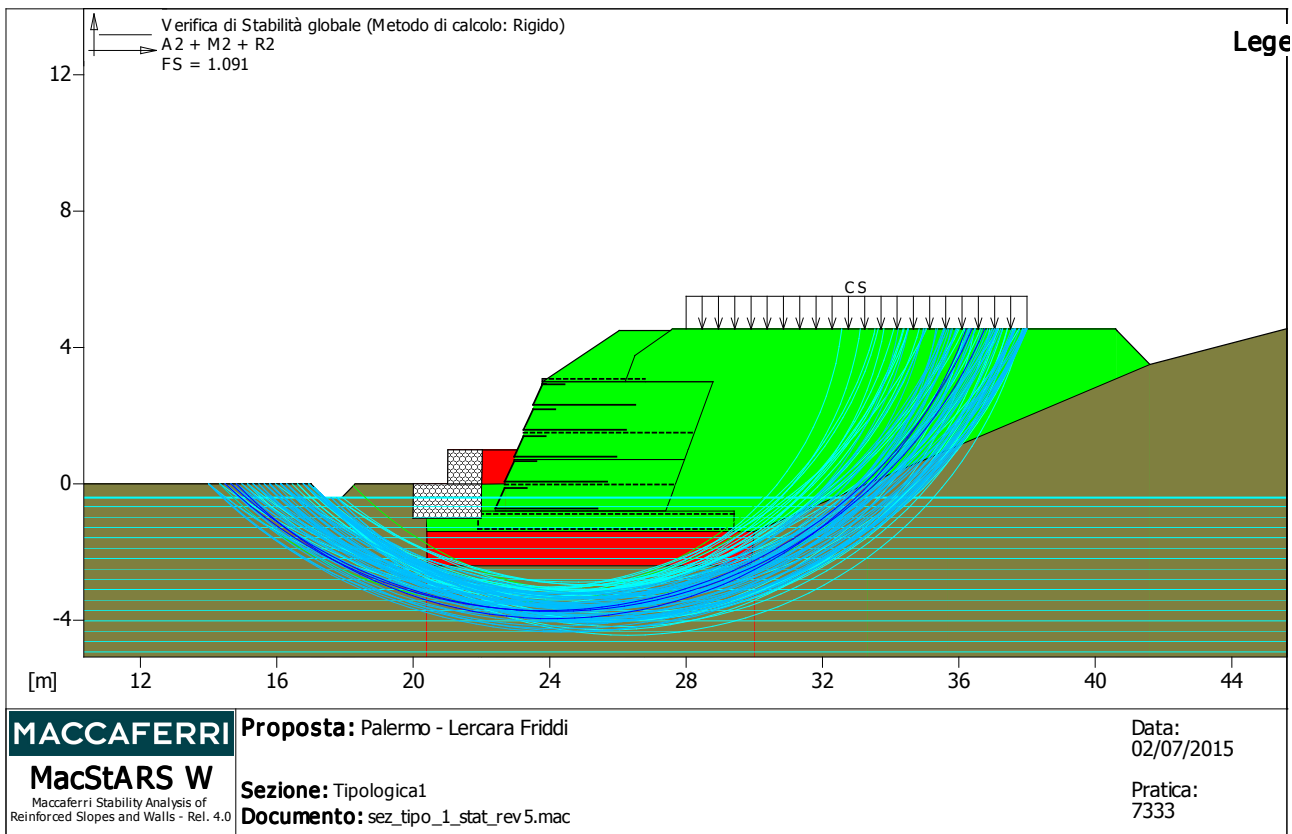
Carico di rottura Nominale Tr .....[kN/m]..... : 80.00  
 Rapporto di Scorrimento plastico..... : 0.00  
 Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m<sup>3</sup>/kN]..... : 1.10e-04  
 Rigidezza estensionale.....[kN/m]..... : 665.00  
 Lunghezza minima di ancoraggio.....[m]..... : 0.15  
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... : 1.67  
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00  
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... : 1.54  
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00  
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... : 1.54  
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out ..... : 1.00  
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... : 1.54  
 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 <sup>3</sup> /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

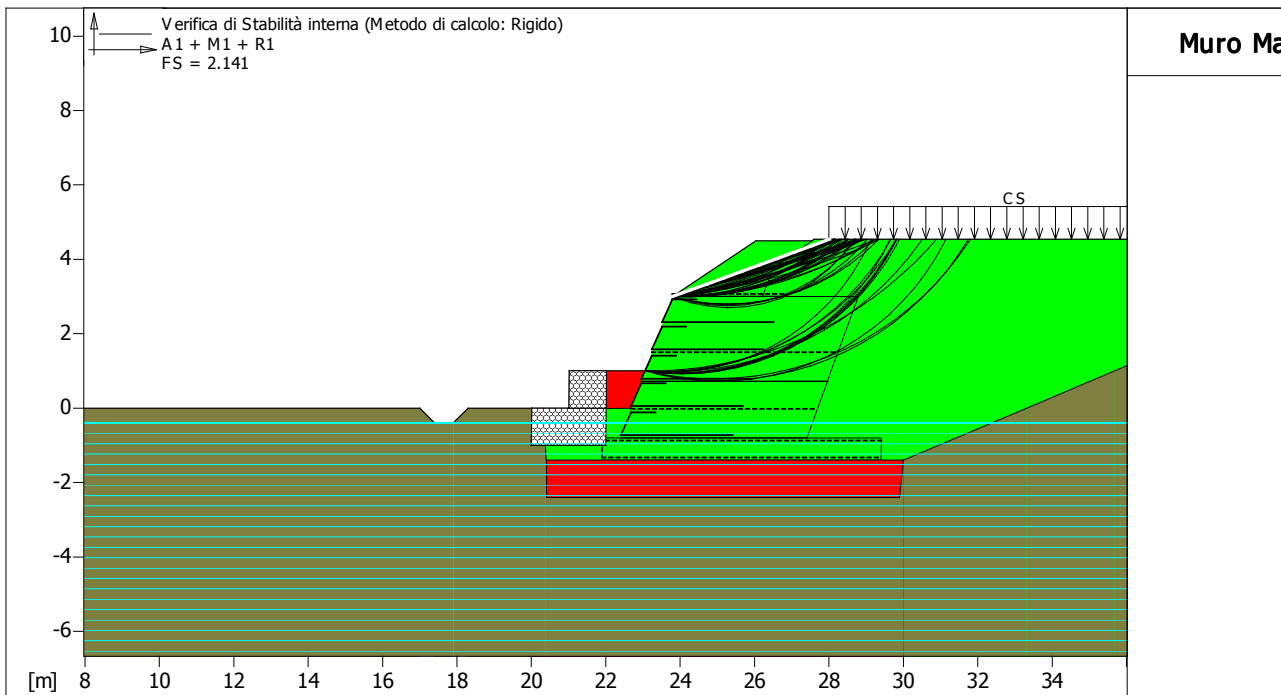
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.091

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
14.00	22.00	28.00	38.00
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



<b>MACCAFERRI</b> <b>MacStARS W</b> <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</small>	<b>Proposta:</b> Palermo - Lercara Friddi	Data: 02/07/2015
	<b>Sezione:</b> Tipologica1 <b>Documento:</b> sez_tipo_1_stat_rev5.mac	Pratica: 7333

**Verifica di stabilità interna :**

Combinazione di carico : A1 + M1 + R1

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

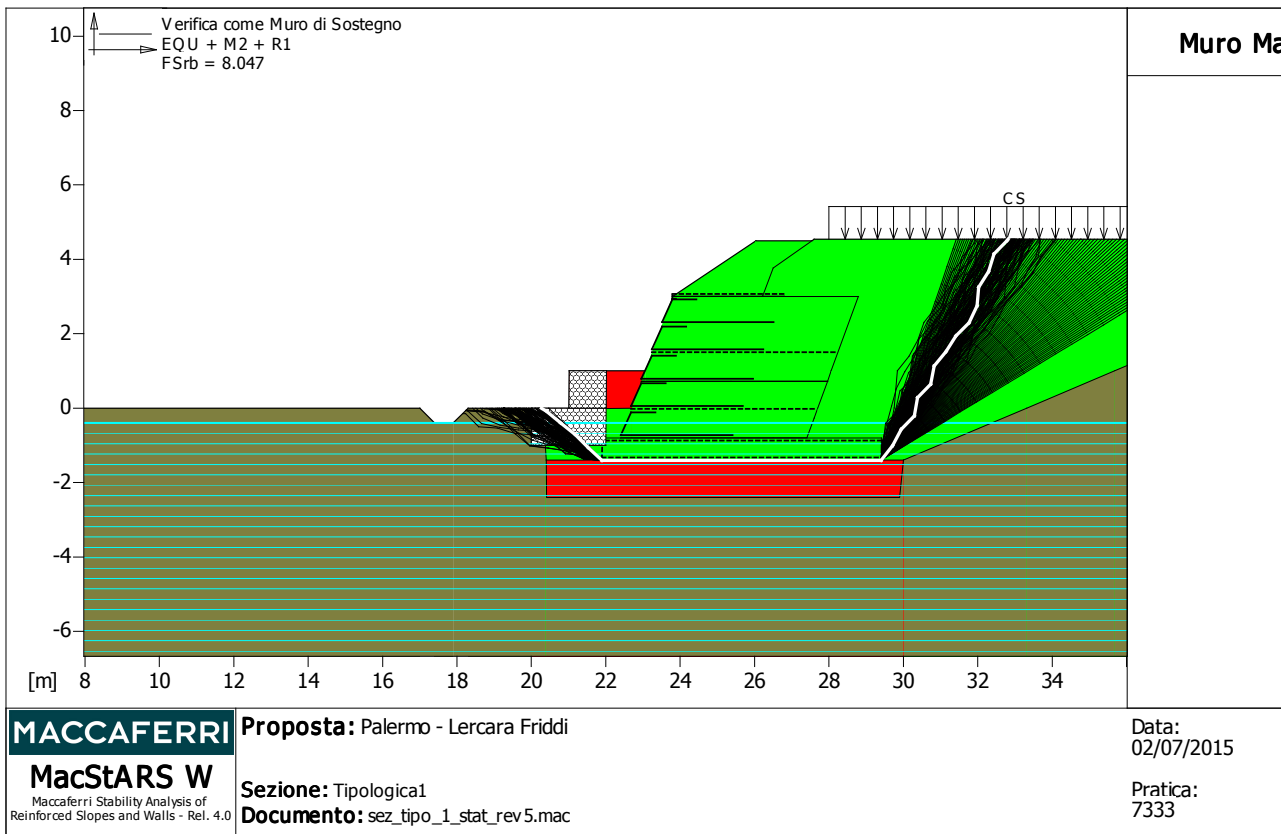
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 2.141

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TMV2	28.00	34.00
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 : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : FOND

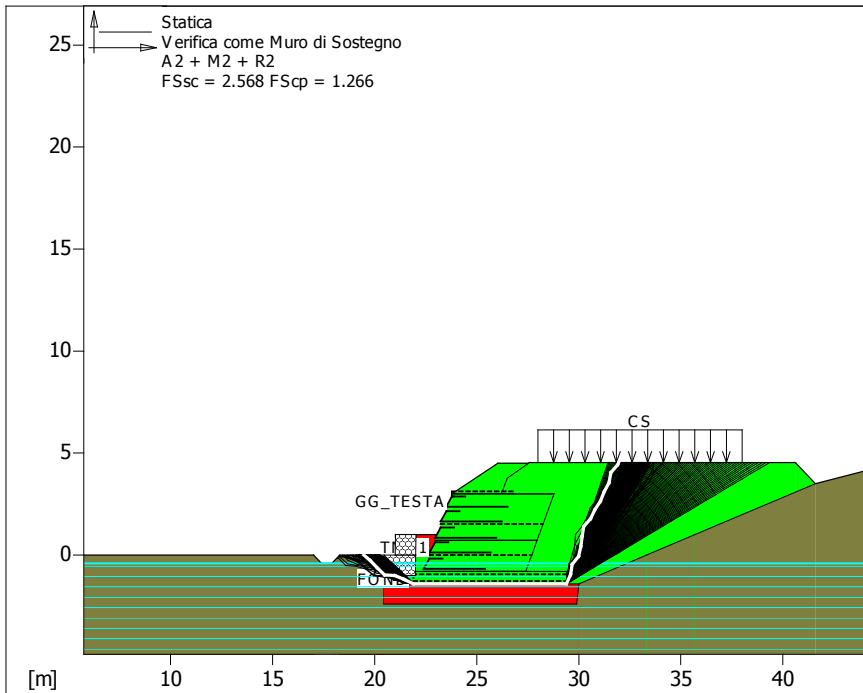
Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 2863.30

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 355.82

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 8.047

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



Terre Rinforzate			
FOND	L=7.50	H=0.60	a=0.0
Linear Composites ParaGrid 80			7.50 - 0.60
TMV 1	L=5.00	H=1.52	a=20.0
Maccaferri Green Terramesh - 70° 8/2.2P - 0.76			3.00 - 0.76
Linear Composites ParaGrid 80			5.00 - 0.00
TMV 2	L=5.00	H=2.28	a=20.0
Maccaferri Green Terramesh - 70° 8/2.2P - 0.76			3.00 - 0.76
Linear Composites ParaGrid 50			5.00 - 1.52
GG_TESTA	L=3.00	H=0.01	a=0.0
Linear Composites ParaGrid 50			3.00 - 0.01

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

**Proposta:** Palermo - Lercara Friddi  
**Sezione:** Tipologica1  
**Documento:** sez\_tipo\_1\_stat\_rev5.mac

**Data:** 02/07/2015  
**Pratica:** 7333

### Verifica come muro di sostegno : Statica

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Stabilità verificata sul blocco : FOND

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 395.44

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 153.96

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.568

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 121.93

Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 96.34

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.266

Fondazione equivalente.....[m].....: 7.50

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.20

Braccio momento.....[m].....: 2.31

Forza normale.....[kN].....: 705.93

Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 82.84

Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 115.83

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...: Palermo - Lercara Friddi

Sezione.....: Tipologica1

Località.....:

Pratica.....: 7333

File.....: sez\_tipo\_1\_sis\_rev5.mac

Data.....: 02/07/2015

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 .....	3
PROFILI FALDE FREATICHE.....	3
MURI IN GABBIONI.....	3
Muro : GB .....	3
BLOCCHI RINFORZATI .....	4
Blocco : FOND.....	4
Blocco : TMV1 .....	4
Blocco : TMV2 .....	5
Blocco : GG_TESTA .....	5
CARICHI.....	6
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI .....	6
VERIFICHE.....	8
Verifica come muro di sostegno : .....	8
Verifica di stabilità globale :.....	10
Verifica come muro di sostegno : .....	11
Verifica di stabilità interna : .....	12

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI**

<b>Terreno : BON</b>	Descrizione : Bonifica
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 20.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : GAB</b>	Descrizione : Riempimento gabbioni
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 17.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 17.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 18.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

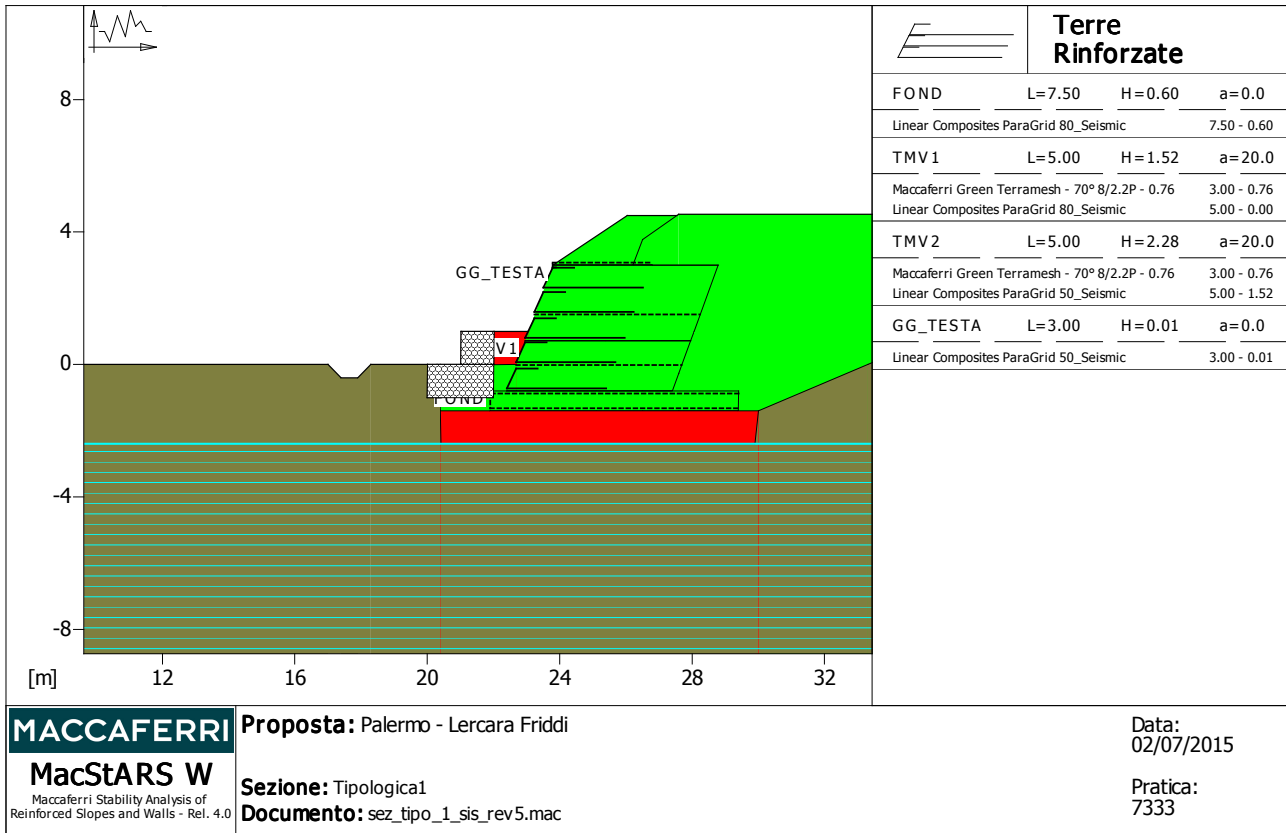
<b>Terreno : RIL</b>	Descrizione : Materiale strutturale da cava
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 38.00
Rapporto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

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





**BLOCCHI RINFORZATI**



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

**Proposta:** Palermo - Lercara Friddi  
**Sezione:** Tipologica1  
**Documento:** sez\_tipo\_1\_sis\_rev5.mac

**Data:**  
02/07/2015  
**Pratica:**  
7333

**Blocco : FOND**

Dati principali [m] : Larghezza = 7.50 Altezza = 0.60  
 Coordinate Origine [m] : Ascissa = 21.90 Ordinata = -1.40  
 Inclinazione paramento [°] : 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia  
 Rilevato strutturale : RIL  
 Terreno di riempimento a tergo : RIL  
 Terreno di copertura : RIL  
 Terreno di fondazione : SIT

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

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

**Rinforzi :**

Linear Composites - ParaGrid - 80\_Seismic

Lunghezza [m] = 7.50  
 Interasse [m] = 0.60  
 Risvolto [m] = 7.50

**Blocco : TMV1**

Dati principali [m] : Larghezza = 5.00 Altezza = 1.52  
 Arretramento [m] = 0.50 da FOND  
 Inclinazione paramento [°] : 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia  
 Rilevato strutturale : RIL

Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
 Terreno di copertura.....: RIL  
 Terreno di fondazione.....: SIT

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 - 80\_Seismic

Lunghezza.....[m] = 5.00  
 Interasse verticale.....[m] = 0.00  
 Offset.....[m] = 0.76

**Blocco : TMV2**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 5.00 Altezza..... = 2.28  
 Arretramento.....[m] = 0.00 da TMV1  
 Inclinazione paramento...[°] : 20.00

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

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] = 5.00  
 Interasse verticale.....[m] = 1.52  
 Offset.....[m] = 0.76

**Profilo di ricopertura:**

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	2.25	1.50	20.00	1.50		

**Blocco : GG\_TESTA**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 3.00 Altezza..... = 0.01  
 Arretramento.....[m] = 0.00 da TMV2  
 Inclinazione paramento...[°] : 0.00

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

Terreno di fondazione.....: RIL

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].....= 3.00  
 Interasse.....[m].....= 0.01  
 Risvolto.....[m].....= 0.10

**CARICHI**

**Sisma :**

Classe : Sisma  
 Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>]...: Orizzontale.....= 0.75      Verticale.....= 0.37

**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.....[m<sup>3</sup>/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

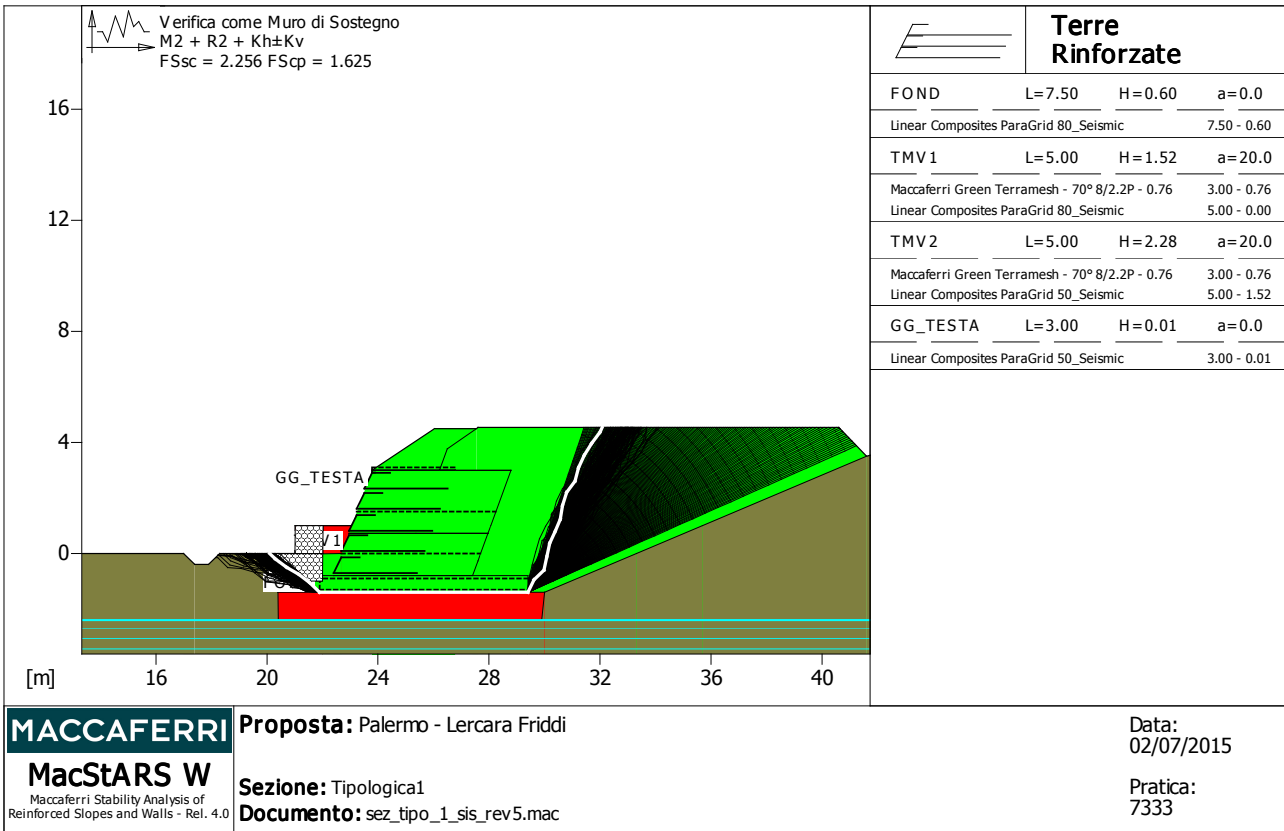
Linear Composites - ParaGrid - 80\_Seismic

Carico di rottura Nominale Tr .....[kN/m]..... : 80.00  
 Rapporto di Scorrimento plastico..... : 0.00  
 Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m<sup>3</sup>/kN]..... : 1.10e-04  
 Rigidezza estensionale.....[kN/m]..... : 665.00  
 Lunghezza minima di ancoraggio.....[m]..... : 0.15  
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... : 1.21  
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00  
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... : 1.11  
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00  
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... : 1.11  
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out ..... : 1.00  
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... : 1.11  
 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 <sup>3</sup> /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 : FOND

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 396.31

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 175.65

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.256

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 161.06

Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 99.11

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.625

Fondazione equivalente.....[m].....: 7.35

Eccentricità forza normale.....[m].....: 0.07

Braccio momento.....[m].....: 3.07

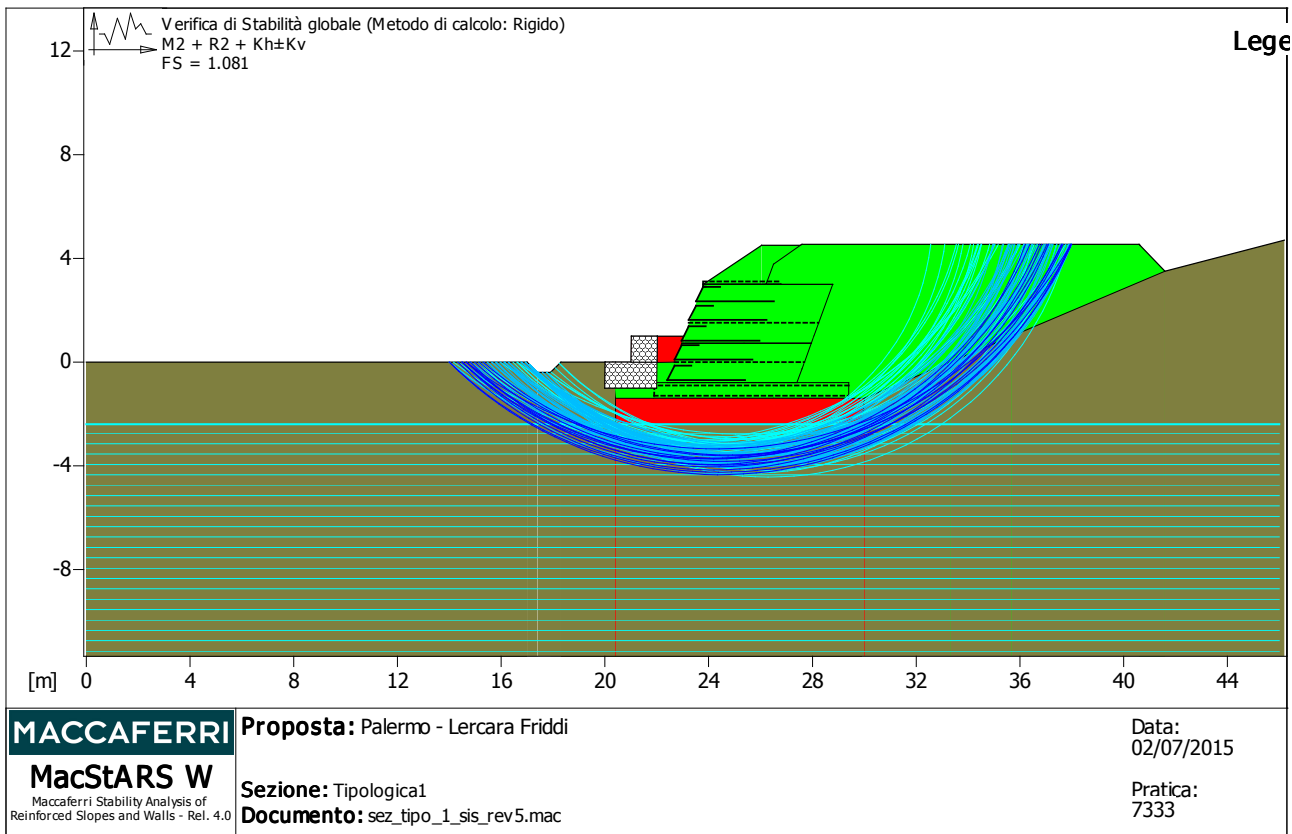
Forza normale.....[kN].....: 707.48

Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 99.81

Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 88.85

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





**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.....: 1.081

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
14.00	22.00	28.00	38.00

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

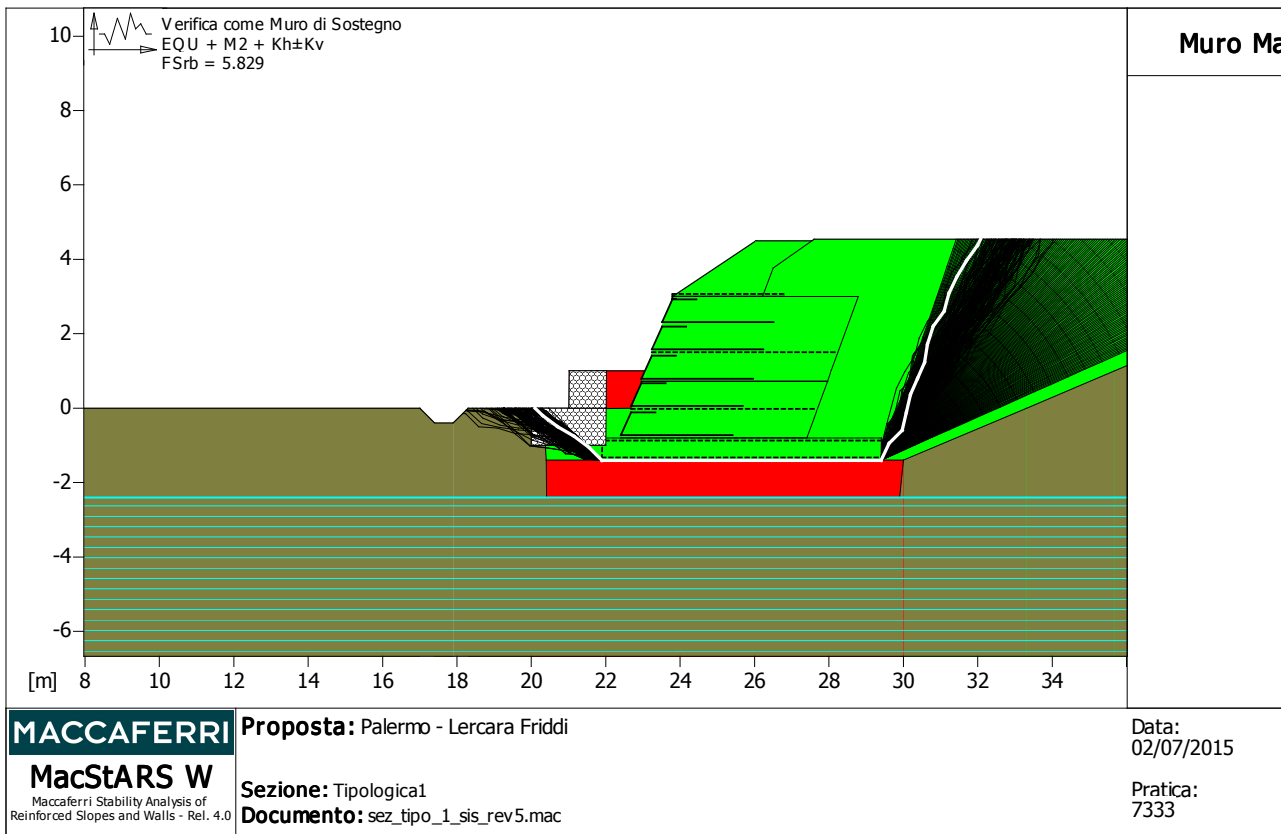
Numero totale superfici di prova.....: 500

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 come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : FOND

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 3140.40

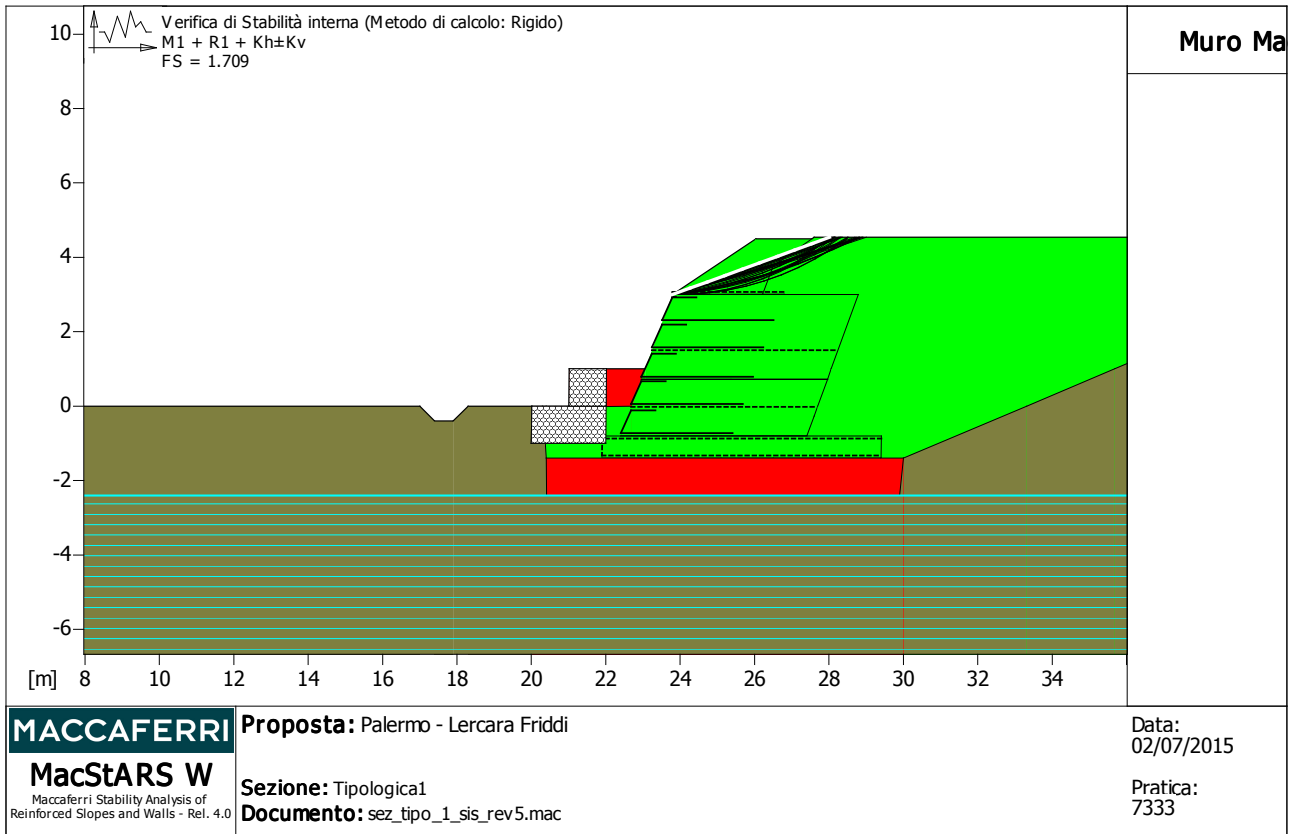
Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 538.79

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 5.829

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 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.....: 1.709

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco TMV2	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto 28.00	Secondo punto 34.00
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

# 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...: Palermo - Lercara Friddi

Sezione.....: Tipologica2

Località.....:

Pratica.....: 7333

File.....: sez\_tipo\_2\_stat\_rev3.mac

Data.....: 02/07/2015

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 .....	3
PROFILI FALDE FREATICHE.....	3
BLOCCHI RINFORZATI .....	3
Blocco : FOND.....	3
Blocco : TMV1 .....	4
Blocco : TMV2 .....	4
Blocco : GG_TESTA .....	5
CARICHI.....	5
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI .....	5
VERIFICHE.....	7
Verifica come muro di sostegno : .....	7
Verifica come muro di sostegno : Statica .....	8
Verifica di stabilità interna : .....	9



**PROFILI STRATIGRAFICI**

**Strato: BON**

Descrizione: Bonifica

Terreno : BON

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
20.40	-1.40	30.00	-1.40				

**Strato: PC**

Descrizione:

Terreno : SIT

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	17.00	0.00	17.40	-0.40	17.90	-0.40
18.30	0.00	20.30	0.00	20.40	-1.40	20.41	-2.40
29.90	-2.40	30.00	-1.40	41.60	3.50	46.20	4.70

**Strato: RIL**

Descrizione: Rilevato

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
25.10	0.00	26.50	3.77	27.60	4.54	40.60	4.54
41.60	3.50						

**Strato: RIN**

Descrizione: Rinterro

Terreno : SIT

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
20.30	0.00	25.10	0.00				

**PROFILI FALDE FREATICHE**

**Falda: F**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
0.00	-0.40			46.00	-0.40		

**BLOCCHI RINFORZATI**

**Blocco : FOND**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 7.50 Altezza.....= 0.60

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 21.90 Ordinata.....= -1.40

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

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

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 - 80

Lunghezza.....[m].....= 7.50

Interasse.....[m].....= 0.60

Risolto.....[m].....= 7.50

**Blocco : TMV1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 5.00 Altezza.....= 1.52  
 Arretramento.....[m].....= 0.50 da FOND  
 Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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 - 80

Lunghezza.....[m].....= 5.00  
 Interasse verticale.....[m].....= 0.00  
 Offset.....[m].....= 0.76

**Blocco : TMV2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 5.00 Altezza.....= 2.28  
 Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV1  
 Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Argilla  
 Rilevato strutturale.....: RIL  
 Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
 Terreno di copertura.....: RIL  
 Terreno di fondazione.....: SIT

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].....= 5.00  
 Interasse verticale.....[m].....= 1.52  
 Offset.....[m].....= 0.76

**Profilo di ricopertura:**

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	2.25	1.50	20.00	1.50		

**Blocco : GG\_TESTA**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 3.00 Altezza.....= 0.01  
 Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV2  
 Inclinazione paramento.....[°].....: 0.00

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

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].....= 3.00  
 Interasse.....[m].....= 0.01  
 Risvolto.....[m].....= 0.10

**CARICHI****Pressione : CS**

Descrizione :

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>]..= 20.00 Inclinazione.....[°]..= 0.00  
 Ascissa.....[m] : Da = 28.00 To = 38.00

**PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**

Linear Composites - ParaGrid - 50

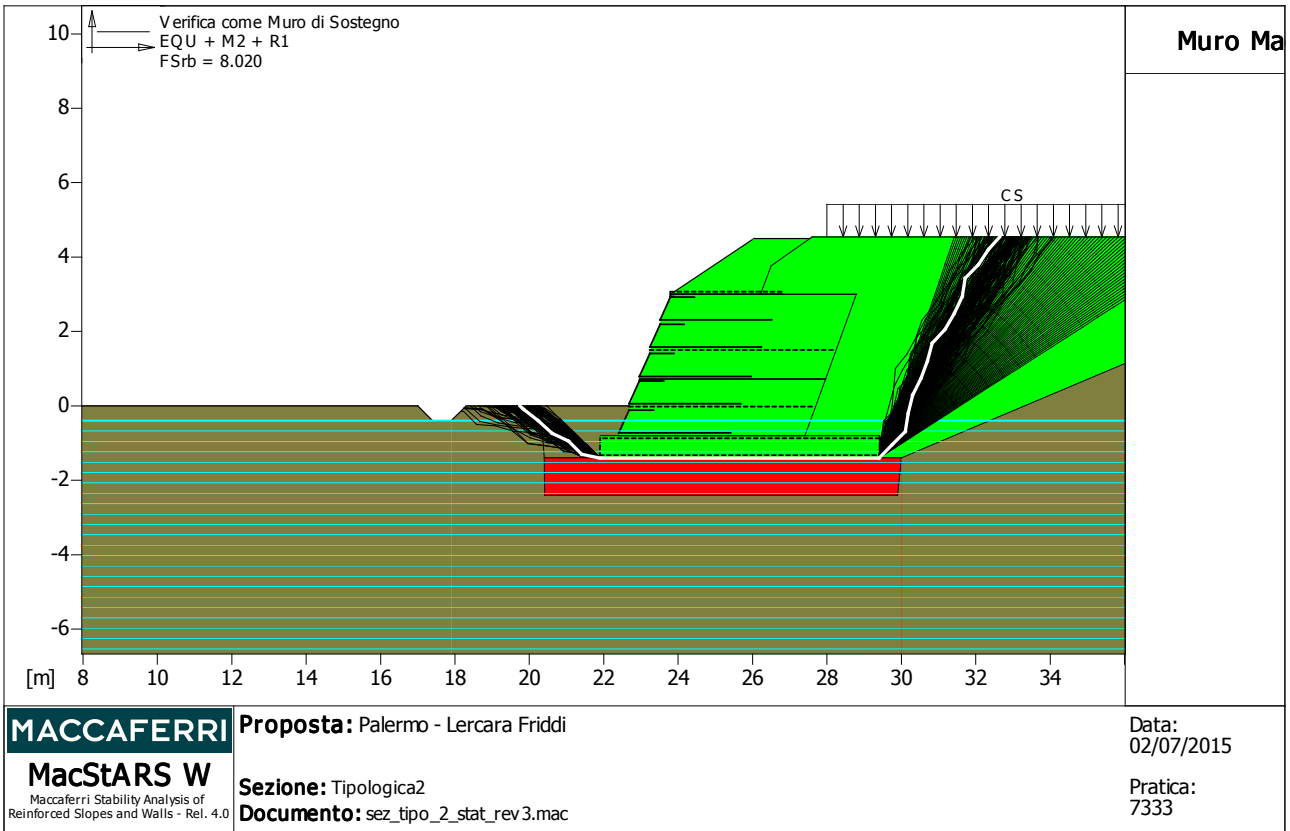
Carico di rottura Nominale Tr .....[kN/m].....: 50.00  
 Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00  
 Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m<sup>3</sup>/kN].....: 1.10e-04  
 Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 415.00  
 Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....: 0.15  
 Coefficiente di 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

Linear Composites - ParaGrid - 80

Carico di rottura Nominale Tr .....[kN/m].....: 80.00  
 Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00  
 Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m<sup>3</sup>/kN].....: 1.10e-04  
 Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 665.00  
 Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....: 0.15  
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....: 1.67

Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.54
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.54
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.54
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 <sup>3</sup> /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**



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

**Proposta:** Palermo - Lercara Friddi  
**Sezione:** Tipologica2  
**Documento:** sez\_tipo\_2\_stat\_rev 3.mac

**Data:** 02/07/2015  
**Pratica:** 7333

**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : FOND

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 2853.70

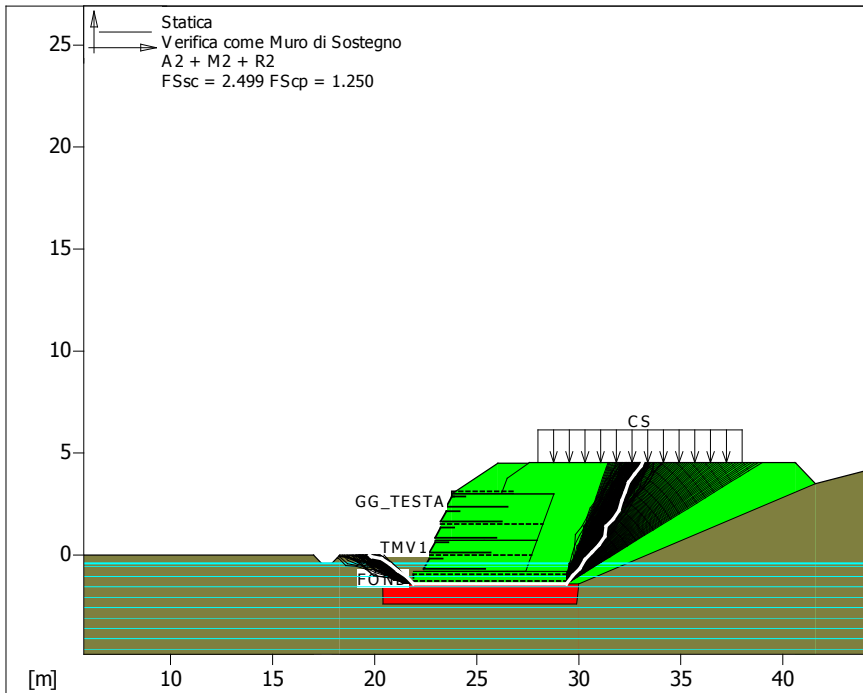
Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 355.82

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 8.020

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





Terre Rinforzate			
FOND	L=7.50	H=0.60	a=0.0
Linear Composites ParaGrid 80			7.50 - 0.60
TMV 1	L=5.00	H=1.52	a=20.0
Maccaferri Green Terramesh - 70° 8/2.2P - 0.76			3.00 - 0.76
Linear Composites ParaGrid 80			5.00 - 0.00
TMV 2	L=5.00	H=2.28	a=20.0
Maccaferri Green Terramesh - 70° 8/2.2P - 0.76			3.00 - 0.76
Linear Composites ParaGrid 50			5.00 - 1.52
GG_TESTA	L=3.00	H=0.01	a=0.0
Linear Composites ParaGrid 50			3.00 - 0.01

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

**Proposta:** Palermo - Lercara Friddi  
**Sezione:** Tipologica2  
**Documento:** sez\_tipo\_2\_stat\_rev 3.mac

**Data:** 02/07/2015  
**Pratica:** 7333

### Verifica come muro di sostegno : Statica

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Stabilità verificata sul blocco : FOND

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 384.67

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 153.96

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.499

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 117.29

Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 93.83

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.250

Fondazione equivalente.....[m].....: 7.50

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.29

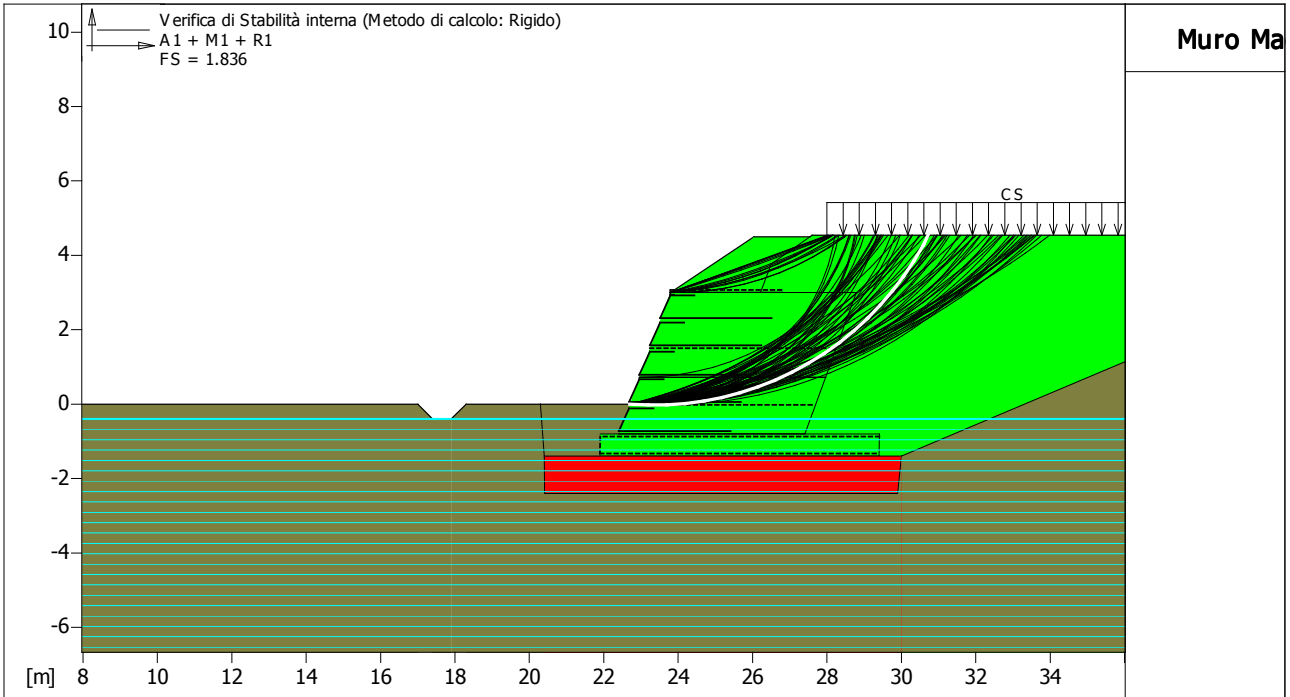
Braccio momento.....[m].....: 2.31

Forza normale.....[kN].....: 686.70

Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 74.16

Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 124.40

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

**Proposta:** Palermo - Lercara Friddi  
**Sezione:** Tipologica2  
**Documento:** sez\_tipo\_2\_stat\_rev 3.mac

**Data:** 02/07/2015  
**Pratica:** 7333

**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.....: 1.836

Blocco TMV1	Intervallo di ricerca delle superfici	
	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
	28.00	34.00
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

# 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...: Palermo - Lercara Friddi

Sezione.....: Tipologica2

Località.....:

Pratica.....: 7333

File.....: sez\_tipo\_2\_sis\_rev3.mac

Data.....: 02/07/2015

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 .....	3
PROFILI FALDE FREATICHE.....	3
BLOCCHI RINFORZATI .....	3
Blocco : FOND.....	3
Blocco : TMV1 .....	4
Blocco : TMV2 .....	4
Blocco : GG_TESTA .....	5
CARICHI.....	5
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI .....	5
VERIFICHE.....	7
Verifica di stabilità interna : .....	7
Verifica come muro di sostegno : .....	8
Verifica come muro di sostegno : .....	9



**PROFILI STRATIGRAFICI**

**Strato: BON**

Descrizione: Bonifica

Terreno : BON

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
20.40	-1.40	30.00	-1.40				

**Strato: PC**

Descrizione:

Terreno : SIT

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	17.00	0.00	17.40	-0.40	17.90	-0.40
18.30	0.00	20.30	0.00	20.40	-1.40	20.41	-2.40
29.90	-2.40	30.00	-1.40	41.60	3.50	46.20	4.70

**Strato: RIL**

Descrizione: Rilevato

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
25.10	0.00	26.50	3.77	27.60	4.54	40.60	4.54
41.60	3.50						

**Strato: RIN**

Descrizione: Rinterro

Terreno : SIT

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
20.30	0.00	25.10	0.00				

**PROFILI FALDE FREATICHE**

**Falda: F**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
0.00	-2.00			46.00	-2.00		

**BLOCCHI RINFORZATI**

**Blocco : FOND**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 7.50 Altezza.....= 0.60

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 21.90 Ordinata.....= -1.40

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

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

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 - 80\_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 7.50

Interasse.....[m].....= 0.60

Risolto.....[m].....= 7.50

**Blocco : TMV1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 5.00 Altezza.....= 1.52  
 Arretramento.....[m].....= 0.50 da FOND  
 Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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 - 80\_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 5.00  
 Interasse verticale.....[m].....= 0.00  
 Offset.....[m].....= 0.76

**Blocco : TMV2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 5.00 Altezza.....= 2.28  
 Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV1  
 Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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].....= 5.00  
 Interasse verticale.....[m].....= 1.52  
 Offset.....[m].....= 0.76

**Profilo di ricopertura:**

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	2.25	1.50	20.00	1.50		

**Blocco : GG\_TESTA**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 3.00 Altezza.....= 0.01  
 Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV2  
 Inclinazione paramento.....[°].....: 0.00

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

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].....= 3.00  
 Interasse.....[m].....= 0.01  
 Risvolto.....[m].....= 0.10

**CARICHI****Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>].....: Orizzontale.....= 0.75 Verticale.....= 0.37

**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.....[m<sup>3</sup>/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

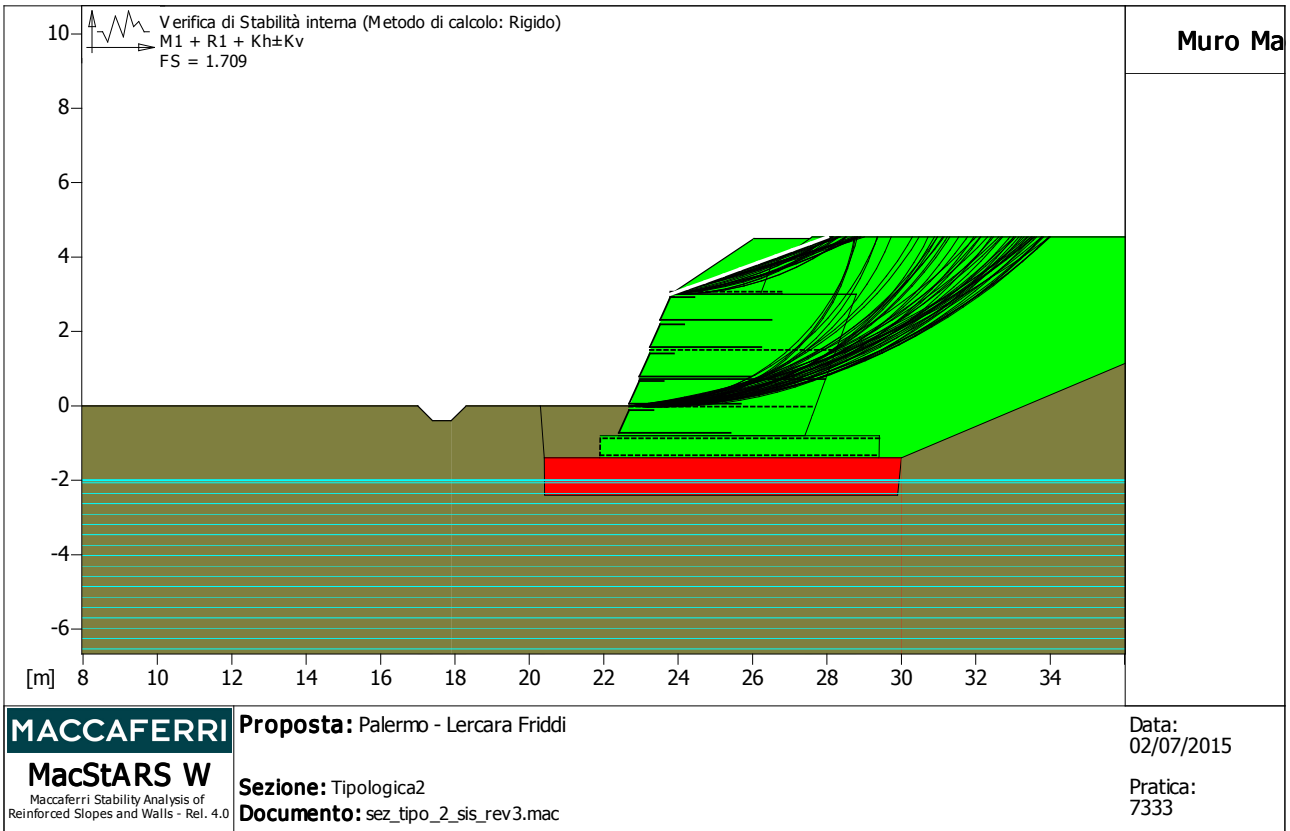
Linear Composites - ParaGrid - 50\_Seismic

Carico di rottura Nominale Tr .....[kN/m].....: 50.00  
 Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00  
 Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m<sup>3</sup>/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
Linear Composites - ParaGrid - 80_Seismic		
Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m]	80.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m]	665.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.21
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.11
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.11
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.11
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 <sup>3</sup> /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 : M1 + R1 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

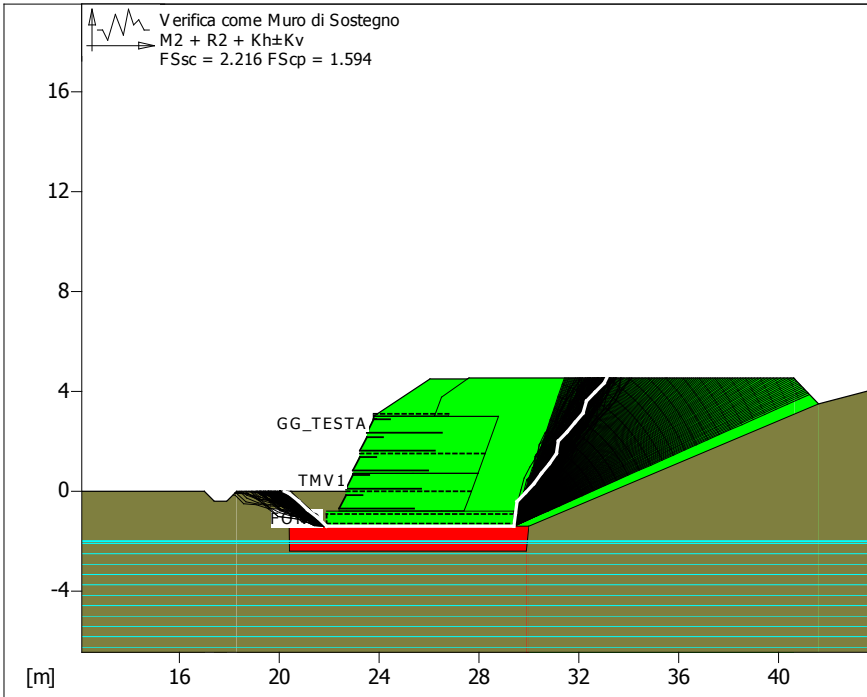
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.709

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco TMV1	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto 28.00	Secondo punto 34.00
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



Terre Rinforzate			
FOND	L=7.50	H=0.60	a=0.0
Linear Composites ParaGrid 80_Seismic			7.50 - 0.60
TMV 1	L=5.00	H=1.52	a=20.0
Maccaferri Green Terramesh - 70° 8/2.2P - 0.76			3.00 - 0.76
Linear Composites ParaGrid 80_Seismic			5.00 - 0.00
TMV 2	L=5.00	H=2.28	a=20.0
Maccaferri Green Terramesh - 70° 8/2.2P - 0.76			3.00 - 0.76
Linear Composites ParaGrid 50_Seismic			5.00 - 1.52
GG_TESTA	L=3.00	H=0.01	a=0.0
Linear Composites ParaGrid 50			3.00 - 0.01

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

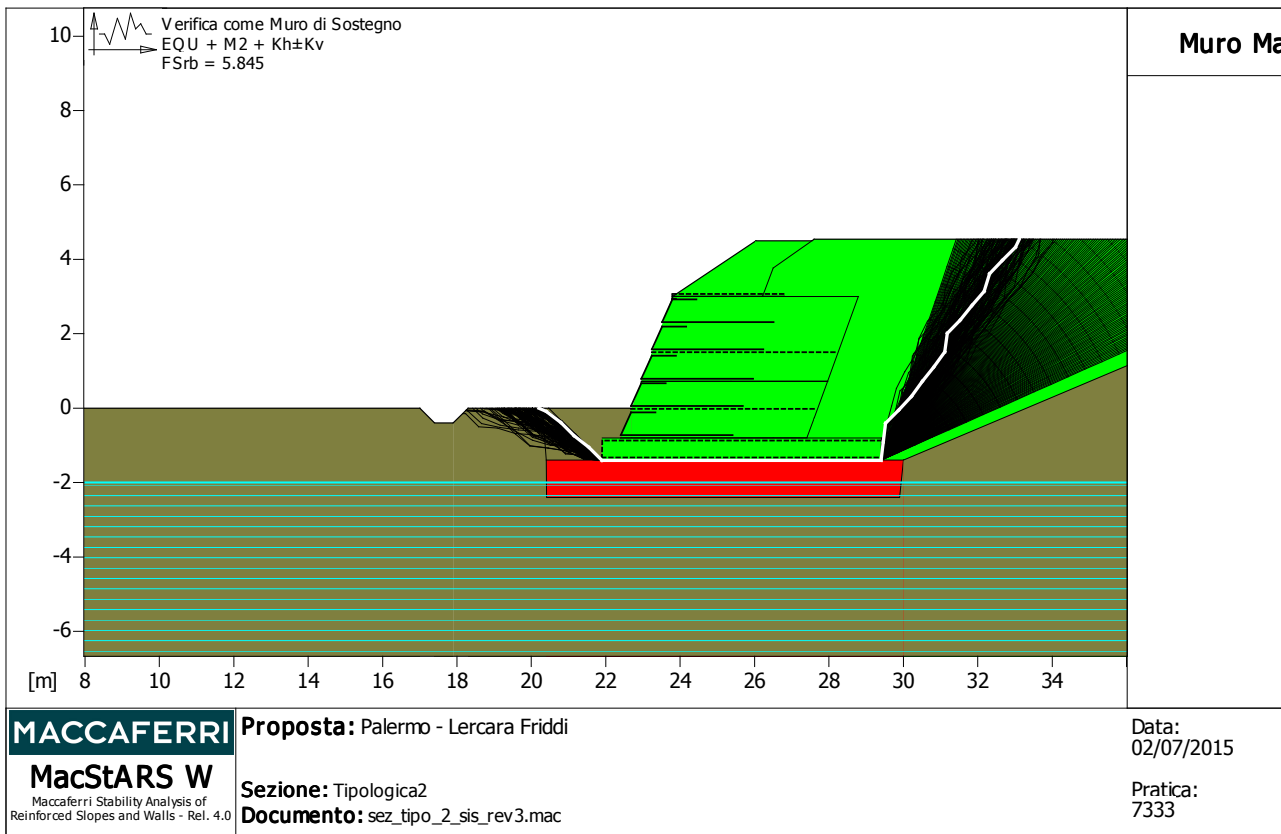
**Proposta:** Palermo - Lercara Friddi  
**Sezione:** Tipologica2  
**Documento:** sez\_tipo\_2\_sis\_rev3.mac

**Data:** 02/07/2015  
**Pratica:** 7333

**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv  
 Stabilità verificata sul blocco : FOND  
 Forza Stabilizzante.....[kN/m] : 386.05  
 Forza Instabilizzante.....[kN/m] : 174.21  
 Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento  
 Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.216  
 Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.  
 Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>] : 151.06  
 Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>] : 94.78  
 Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante  
 Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.594  
 Fondazione equivalente.....[m] : 7.50  
 Eccentricità forza normale.....[m] : -0.01  
 Braccio momento.....[m] : 3.07  
 Forza normale.....[kN] : 689.18  
 Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>] : 91.18  
 Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>] : 93.32

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



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : FOND

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 3129.80

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 535.48

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 5.845

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