



# 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:

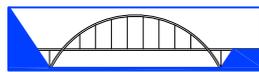
### OPERE DI SOSTEGNO - ASSE PRINCIPALE - Lotto 2a Svincolo Nuovo - Rotaria 1 e Viabilità Secondaria 46 - gabbionata Relazione tecnica e di calcolo

Codice Unico Progetto (CUP): F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PE	ID	RC22	5	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
	PEIDRC22_50_4137	1=1	4 1 3 7	1:200
5				
4				
3				
2				
1				
0	PRIMA EMISSIONE		FEB 2016	F. Bianchi S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

Progettisti :



**ENSER** srl  
SOCIETA' DI INGEGNERIA



Viale Baccarini, 29 - 48018 FAENZA (RA) tel. 0546-663423  
Via Zaccani, 16 - 40127 BOLOGNA (BO) tel. 051-245663  
Via Andrea Costa, 115 - 47822 SANTARCANGELO DI ROMAGNA (RN) tel. 0546-663423  
ingegneria@enser.it - www.enser.it - P.E.C.: ensersrl-ra@legalmail.it

Il Progettista Responsabile  
Prof. Ing. Gianfranco Marchi



Il Geologo  
dott. Stefano Ferro



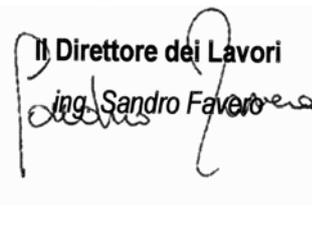
Il Coordinatore per la Sicurezza  
in fase di esecuzione:  
Ing. Francesco Cocciante

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



Il Direttore dei Lavori:  
Ing. Sandro Favero

**Il Direttore dei Lavori  
Ing. Sandro Favero**



ANAS S.p.A.

DATA: \_\_\_\_\_ PROTOCOLLO: \_\_\_\_\_

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

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

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais

## INDICE

<b>INDICE</b> .....	1
1   PREMESSA .....	3
2   NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
3   ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO .....	6
4   SIMBOLOGIA.....	6
5   MATERIALI .....	7
5.1   ACCIAIO .....	7
5.1.1   Filo di acciaio per gabbione.....	7
5.2   RIEMPIMENTO PER GABBIONE .....	7
5.2.1   Pietrame di riempimento per gabbione.....	7
6   CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	8
6.1   PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA .....	8
6.2   AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	8
7   INDAGINI GEOTECNICHE .....	10
8   DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	13
9   CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI .....	16
9.1   INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE .....	16
9.1.1   Caratteristiche di resistenza in termini di coesione non drenata .....	19
9.1.2   Caratteristiche di deformabilità.....	19
9.2   UNITA' STRATIGRAFICHE .....	21
9.2.1   Falda di progetto .....	23
10   GABBIONATA .....	24
10.1   PROGRAMMA DI CALCOLO .....	24
10.2   AZIONI DI CALCOLO.....	25
10.2.1   Carichi variabili .....	25
10.2.2   Sisma.....	25
10.2.2.1   Azioni sull'opera .....	25
10.2.2.2   Stabilità globale dell'insieme terreno-opera .....	25
10.3   APPROCCI PROGETTUALI E CRITERI DI VERIFICA .....	25
10.3.1   Combinazioni delle Azioni .....	26
10.4   SEZIONE 8 .....	26
10.4.1   Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati.....	26
10.4.2   Sintesi dei risultati per gli SLU Geotecnici (GEO).....	27
10.4.2.1   Verifica agli SLU di tipo geotecnico (GEO) .....	27

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

---

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

11	APPENDICE 1: Report programma macstar_Sezione 8 .....	29
12	APPENDICE 2: Stralcio del rapporto tecnico delle prove penetrometriche DPSH .....	42

## 1 PREMESSA

La presente relazione prende in esame l'opera di sostegno a presidio delle scarpate di scavo della rotatoria 1 dello Svincolo Nuovo e del tratto iniziale della viabilità secondaria VS46, alla progressiva chilometrica 24+350 della viabilità principale.

Le opere si rendono necessarie poiché in seguito alle abbondanti piogge dell'inverno 2014-2015 si sono manifestati diffusi fenomeni di instabilità sui fronti di scavo aperti realizzati con pendenza 2/3, come documentato dalle foto di seguito riportate.

In dettaglio, l'intervento prevede la realizzazione di una gabbionata al piede e il ricoprimento della scarpata di scavo con materiale da rilevato.



Foto 1: Vista delle scarpate di scavo e del versante di monte 1/4



Foto 2: Vista delle scarpate di scavo e del versante di monte 2/4



Foto 3: Vista delle scarpate di scavo e del versante di monte 3/4

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo



Foto 4: Vista delle scarpate di scavo e del versante di monte 4/4

## 2      **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

---

- [1] L. 5.11.1971, n° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- [2] D.M. 14.01.2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”.
- [3] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”
- [4] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998.
- [5] UNI EN 206-1 Ottobre 2006 - "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- [6] UNI EN 11104 Marzo 2004 - "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità", Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;
- [7] Raccomandazioni AGI - AICAP 2012 - Ancoraggi nei terreni e nelle rocce.

## 3      **ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO**

---

### ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO

- |     |  |                  |
|-----|--|------------------|
| [1] | Relazione geologica geomorfologica idrogeologica (PEA) | PEGERT01_31_4137 |
| [2] | Relazione geotecnica (PEA)                             | PEGTRT01_31_4137 |
| [3] | Relazione sismica (PEA)                                | PESIRT01_30_4137 |

## 4      **SIMBOLOGIA**

---

La principale simbologia adottata nella descrizione dei diversi parametri geotecnici e di calcolo è riportata nel seguito:

- $\gamma$                     =      peso di volume del terreno;
- $c_u$                     =      coesione in condizioni non drenate;
- $\phi$                       =      angolo di resistenza al taglio in condizioni drenate;
- $c'$                      =      coesione in condizioni drenate;
- $E$                       =      modulo di deformazione.

Il pedice con il suffisso “,k” indica il valore caratteristico del parametro di resistenza al taglio considerato.

---

## **5 MATERIALI**

---

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

### **5.1 ACCIAIO**

#### **5.1.1 Filo di acciaio per gabbione**

Filo di acciaio trafilato galvanizzato, diametro 2.70mm.

### **5.2 RIEMPIMENTO PER GABBIONE**

#### **5.2.1 Pietrame di riempimento per gabbione**

Pietrame sciolto, diametro >1.5/2.0 dimensione maglia rete.

## 6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

### 6.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Come stabilito nel C.S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

- vita nominale:  $V_N = 50$  anni
- classe d'uso: IV

da cui risulta:

- coefficiente d'uso:  $C_U = 2.0$
- periodo di riferimento per l'azione sismica:  $V_R = V_N \times C_U = 100$  anni

### 6.2 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Il calcolo delle azioni sismiche, di seguito descritte, viene condotto nel rispetto delle "Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008" e s.m.i.

Le coordinate geografiche di riferimento (secondo sistema ED50) per l'opera in esame sono:

Longitudine:  $13^\circ.56507$   
Latitudine:  $37^\circ.843141$

Tabella 1: Parametri sismici per la definizione dello spettro di progetto

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	60	0.052	2.400	0.267
SLD	101	0.065	2.427	0.283
SLV	949	0.144	2.570	0.336
SLC	1950	0.179	2.615	0.347

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

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.144 g
$F_o$	2.570
$T_C^*$	0.336 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.368
$S_T$	1.000
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.153 s
$T_C$	0.460 s
$T_D$	2.176 s

Pertanto per le analisi in condizioni sismiche dell'opera in oggetto sono stati utilizzati i seguenti valori:

categoria di sottosuolo:

B;

coefficiente topografico:

$S_T=1.00$ ;

fattore di sito:

$S_S = 1.20$ ;

accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido:

$a_g = 0.144$  g;

massima accelerazione su sottosuolo tipo B

$a_{max} = 0.173$  g.

## 7 INDAGINI GEOTECNICHE

Nell'ambito delle attività di approfondimento delle problematiche geologiche e geomorfologiche evidenziate in seguito alle abbondanti e anomale precipitazioni dell'inverno 2014÷2015, è stata predisposta una campagna di indagini geognostica integrativa che ha visto una prima fase di attività in campo nei primi mesi del 2015 (fase 1) ed una successiva fase di indagine nei primi mesi del 2016 (fase 2).

Le indagini geognostiche, realizzate dalla ditta PLP Prospezioni Laboratorio Prove S.r.l. di Baronissi (SA) in fase 1 e dalla ditta L&R Laboratori e Ricerche S.r.l. di Tremestieri Etneo (CT) in fase 2, hanno previsto principalmente la realizzazione di sondaggi stratigrafici, indagini penetrometriche (statiche e meccaniche), oltre che l'esecuzione di pozzetti esplorativi ed indagini di laboratorio.

Nello specifico, per l'area sono disponibili i dati di n.2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH34\_15b÷ DPSH35\_15b), realizzate in corrispondenza dell'area di impianto dell'opera nel corso della recente campagna indagini di fase 2 ed ubicate in pianta così come riportato in Figura 1; in Appendice 2 sono riportati i certificati delle prove.

La prove penetrometriche sono state spinte sino al raggiungimento del rifiuto strumentale, avvenuto alle profondità indicate nella seguente tabella. In Figura 2 si riportano i diagrammi penetrometrici delle nuove indagini realizzate.

Sondaggio	Profondità [m]
DPSH34_15b	5.60
DPSH35_15b	9.00

I diagrammi penetrometrici indicano la presenza di terreni di copertura nei primi 4 metri circa di profondità (numero di colpi mediamente tra 4÷6), rammolliti e rimaneggiati nella porzione più superficiale (numero di colpi mediamente tra 1÷3) e nella porzione frontale di scarpata coinvolta nel dissesto. Tale coltre poggia direttamente sulla formazione di substrato, dapprima in facies allentata/alterata e con spessori di 1÷4 m circa (n. colpi tra 7÷10), poi decisamente più compatta, come evidenziato dal repentino aumento del numero di colpi sino al raggiungimento del rifiuto strumentale.

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".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

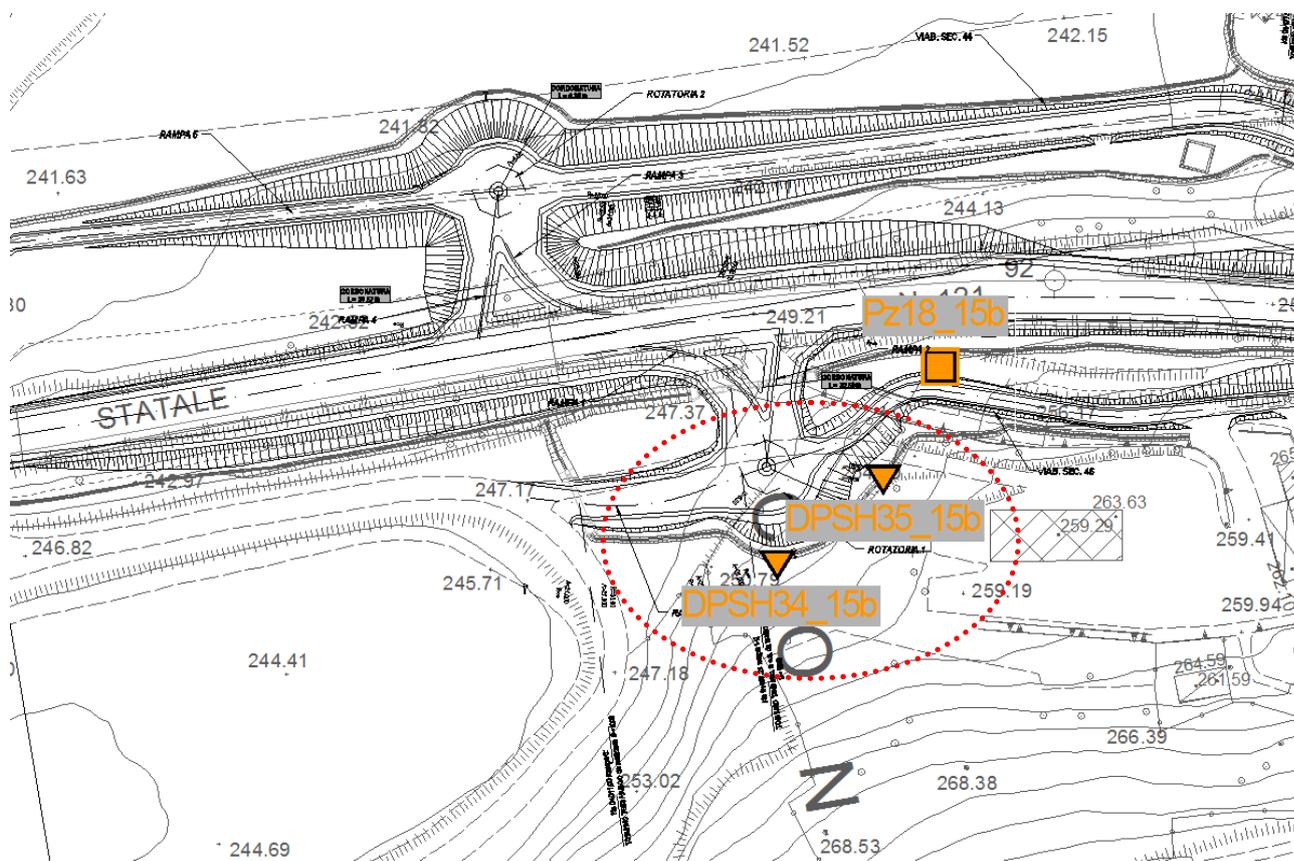


Figura 1: Planimetria con ubicazione indagini geotecniche

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".  
**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE**

**Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo**

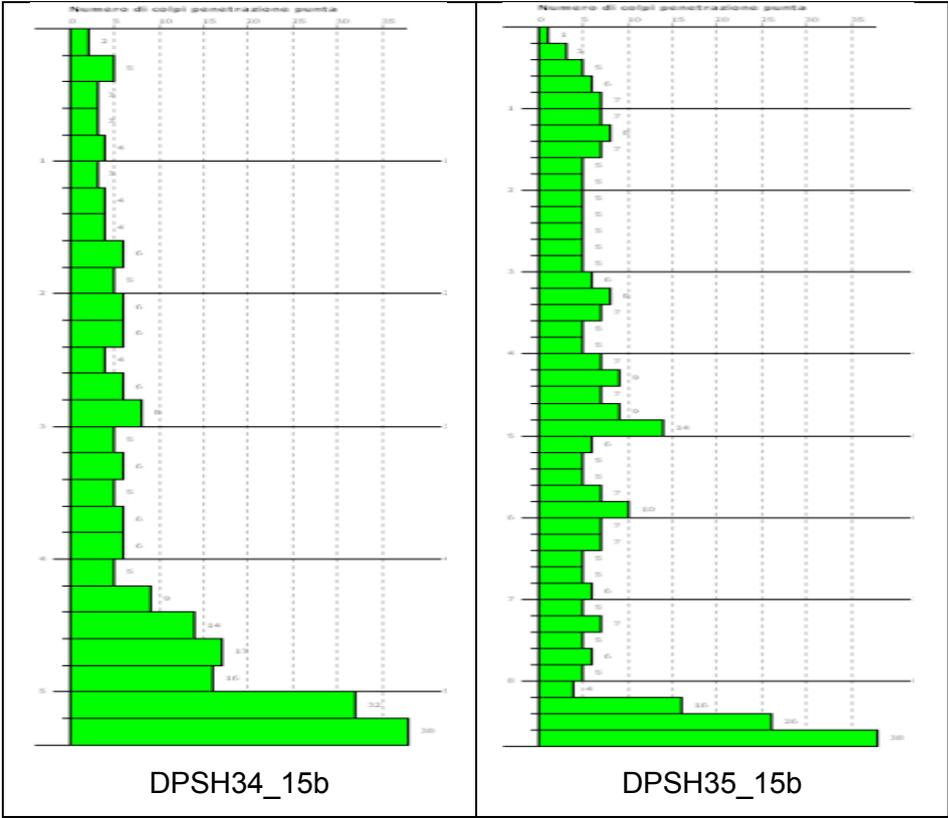


Figura 2: Prova penetrometrica DPSH34-35



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".  
**PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE**

**Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo**

PROFILO  
 SCALA 1:200

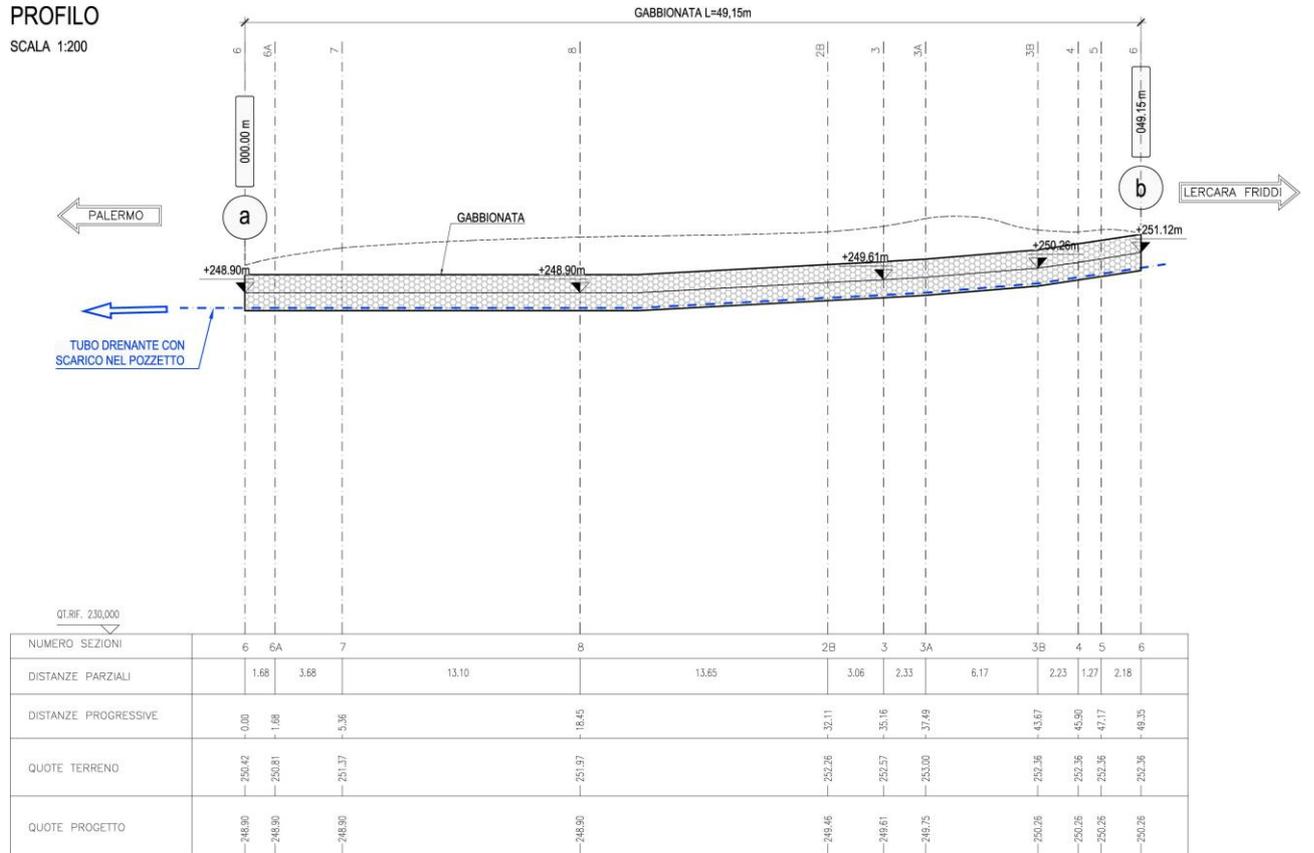


Figura 4: Profilo longitudinale muro in gabbioni.

SEZIONE TIPICA GABBIONATA  
 SCALA 1:50

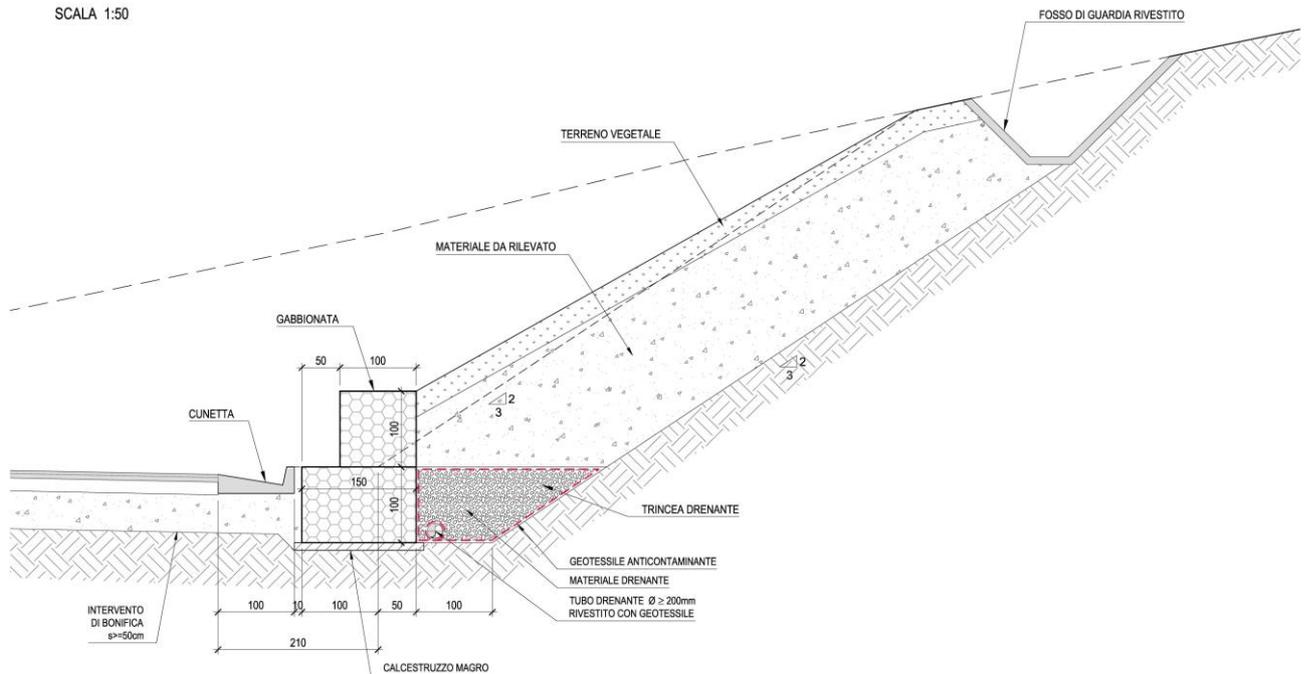


Figura 5: Sezione tipo del muro in gabbioni.

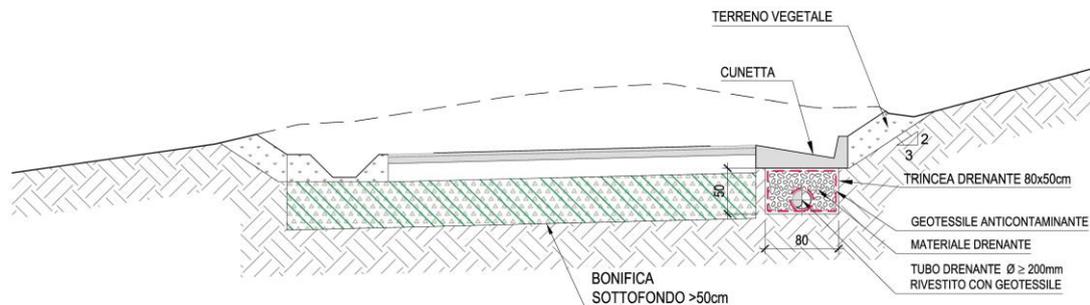
Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali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

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

### SEZIONE TIPICA CUNETTA CON TUBAZIONE

SCALA 1:50



### SEZIONE TIPICA CUNETTA

SCALA 1:50

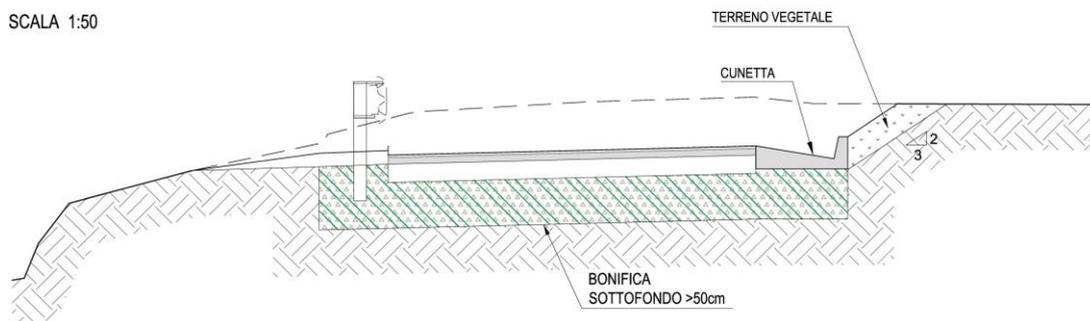


Figura 6: Sezione tipo del tratto con cunetta alla francese più trincea drenante o con solo cunetta

## 9 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI

Nel seguito verranno interpretate le indagini disponibili, individuate le unità stratigrafiche e definiti i parametri geotecniche di riferimento.

### 9.1 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE

Per l'area in esame sono disponibili le prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH34-35, (vedasi il paragrafo 7).

Il coefficiente di correlazione fra il numero di colpi misurato nelle prove DPSH e il numero di colpi SPT ( $N_{spt}$ ) è 1.52 così come indicato nelle caratteristiche tecniche dello strumento riportate nei certificati delle prove; in Figura 7 e Figura 8 sono riportati gli andamenti con la profondità del numero di colpi  $N$  e  $N_{spt}$  equivalente per le diverse prove.

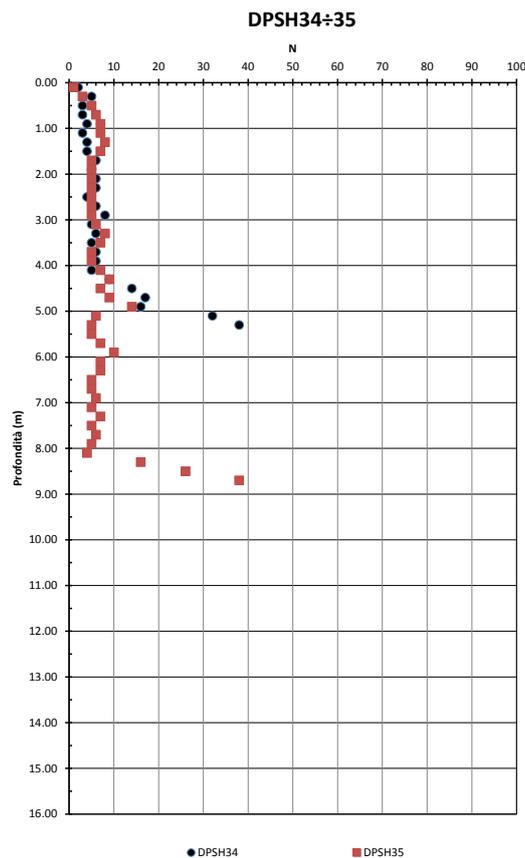


Figura 7: Numero di colpi N da DPSH

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”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

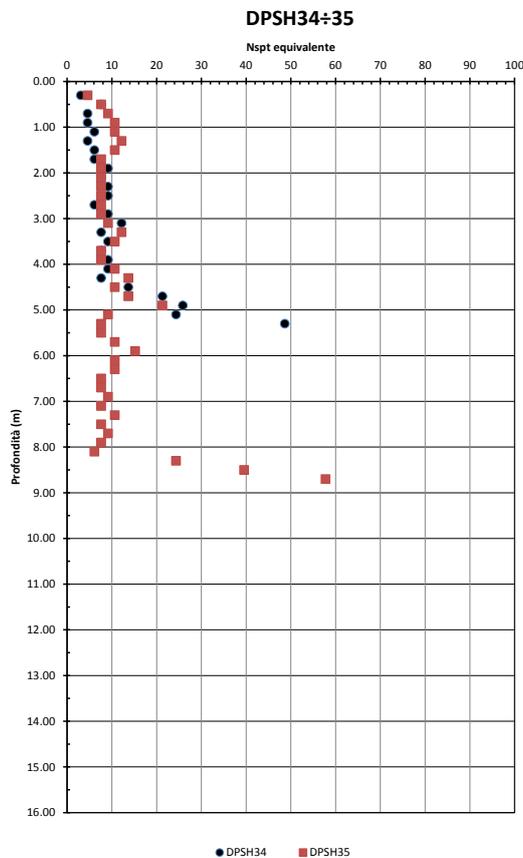
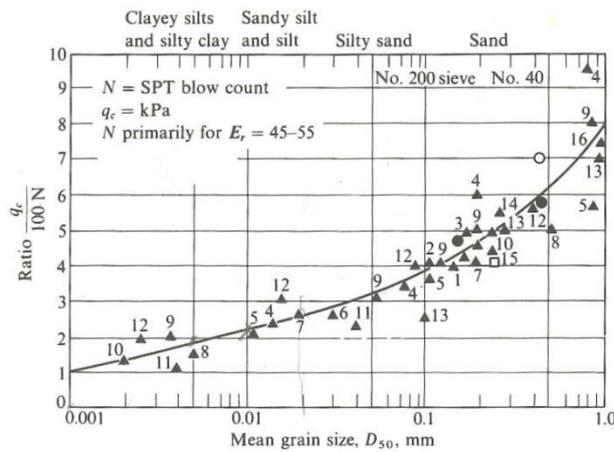


Figura 8:  $N_{spt}$  equivalente da DPSH

Utilizzando la correlazione proposta da Robertson et al. (1883) riportata nella Figura 9 è possibile passare dal numero di colpi  $N_{spt}$  alla resistenza di punta  $q_c$ . Nel caso in esame data la natura essenzialmente argillosa dei terreni si assume un coefficiente di trasformazione pari a:

$$\frac{q_c}{100 \cdot N_{spt}} \approx 2.$$

In Figura 10 si riportano gli andamenti della  $q_c$  equivalente con la profondità per le diverse prove.



Relationship between mean grain size ( $D_{50}$ ) and  $q_c/N$  ratio. Note the energy ratio  $E_r$  on which relationship is based. [After Robertson et al. (1983) and Ismael and Jeragh (1986), reference numbers correspond to references in original sources.]

Figura 9: Correlazione fra  $N_{spt}$  e  $q_c$

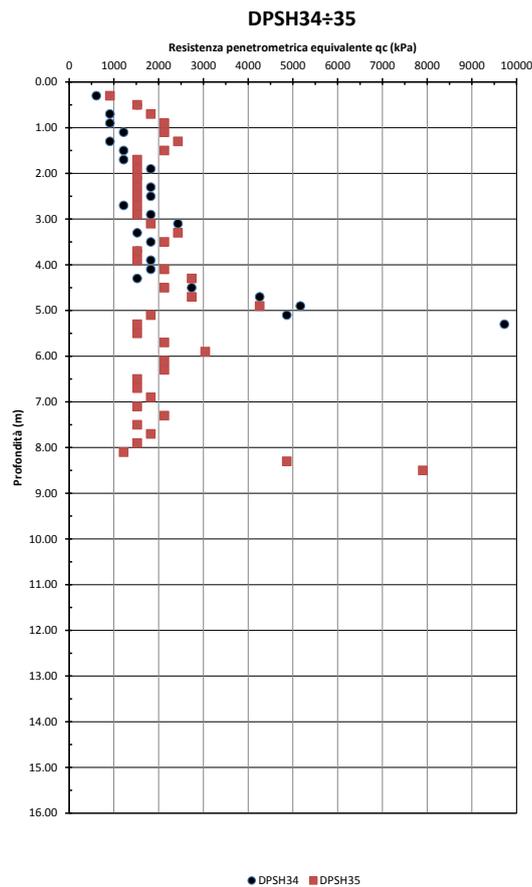


Figura 10: Resistenza  $q_c$  equivalente da DPSH

### 9.1.1 Caratteristiche di resistenza in termini di coesione non drenata

La resistenza a taglio non drenata è stata desunta dalle prove penetrometriche DPSH con riferimento all' $N_{spt}$  e  $q_c$  equivalenti.

Per l' $N_{spt}$  si è utilizzata la correlazione di Stroud (1974):

$$c_u \approx 5 \cdot N_{spt} ,$$

mentre per la  $q_c$  si è assunto:

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k} ,$$

essendo:

$N_k = 15$  coefficiente di capacità portante;

$\sigma_{vo}$  = pressione verticale totale;

$q_c$  = resistenza alla punta.

I diagrammi di Figura 11 riportano i valori di  $c_u$  così stimati.

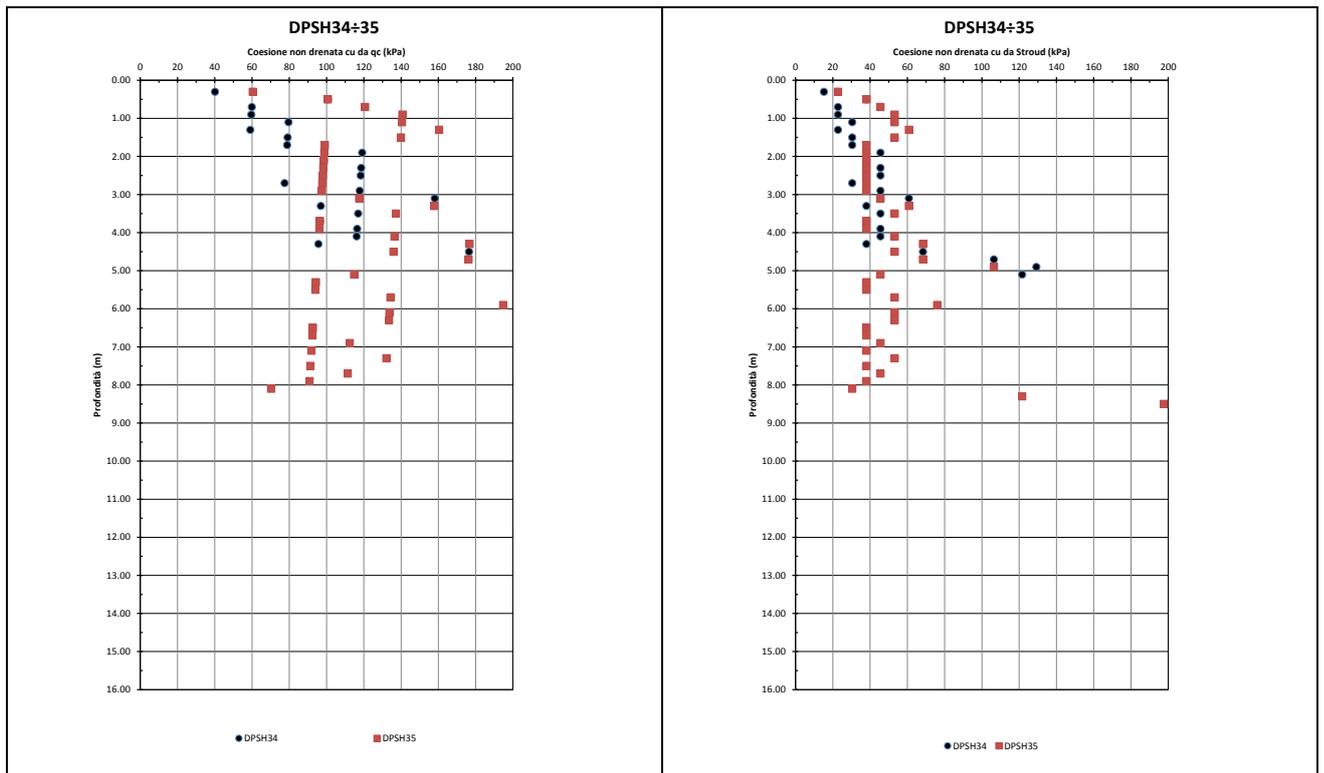


Figura 11: Coesione non drenata  $c_u$

### 9.1.2 Caratteristiche di deformabilità

Con riferimento alla resistenza alla punta  $q_c$  equivalente il modulo di deformazione  $E$  è stato determinato in accordo alla correlazione di Mitchell e Gardner (1975):

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

$$E = \alpha \cdot q_c,$$

con:

$$\alpha = 6.$$

I diagrammi di Figura 12 riportano i valori di E così stimati.

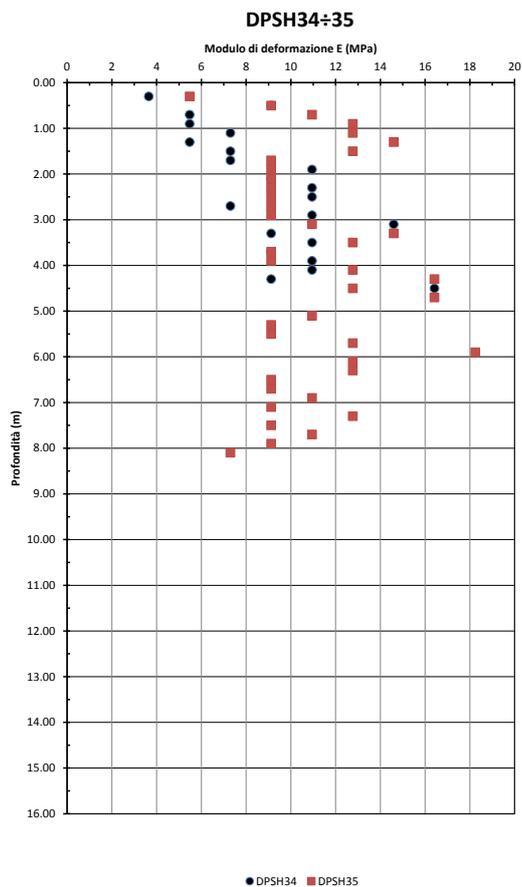


Figura 12: Modulo di deformazione E

## 9.2 UNITA' STRATIGRAFICHE

In base alle informazioni stratigrafiche descritte poc'anzi, nella Figura 13 e Figura 14 si riportano le sezioni geologico-stratigrafiche di riferimento, con individuazione delle seguenti unità geotecniche:

- **Unità LSA(a-2):** coltre eluvio-colluviale di bassa consistenza (numero di colpi  $4 \leq N_{20} \leq 6$ ) costituita prevalentemente da limi e argille. Lo spessore di questa unità è mediamente 4.0 m.
- **Unità LSA:** Limi sabbiosi argillosi moderatamente consistenti con spessore di circa 4.0 m.
- **Unità AG:** Argille limose grigie. Si tratta di argille limose grigie a struttura scagliettata con inclusi elementi lapidei, da consistenti a molto consistenti, talvolta con intercalati livelli sabbiosi e/o livelli, strati di argilliti a consistenza pseudo-litoide.

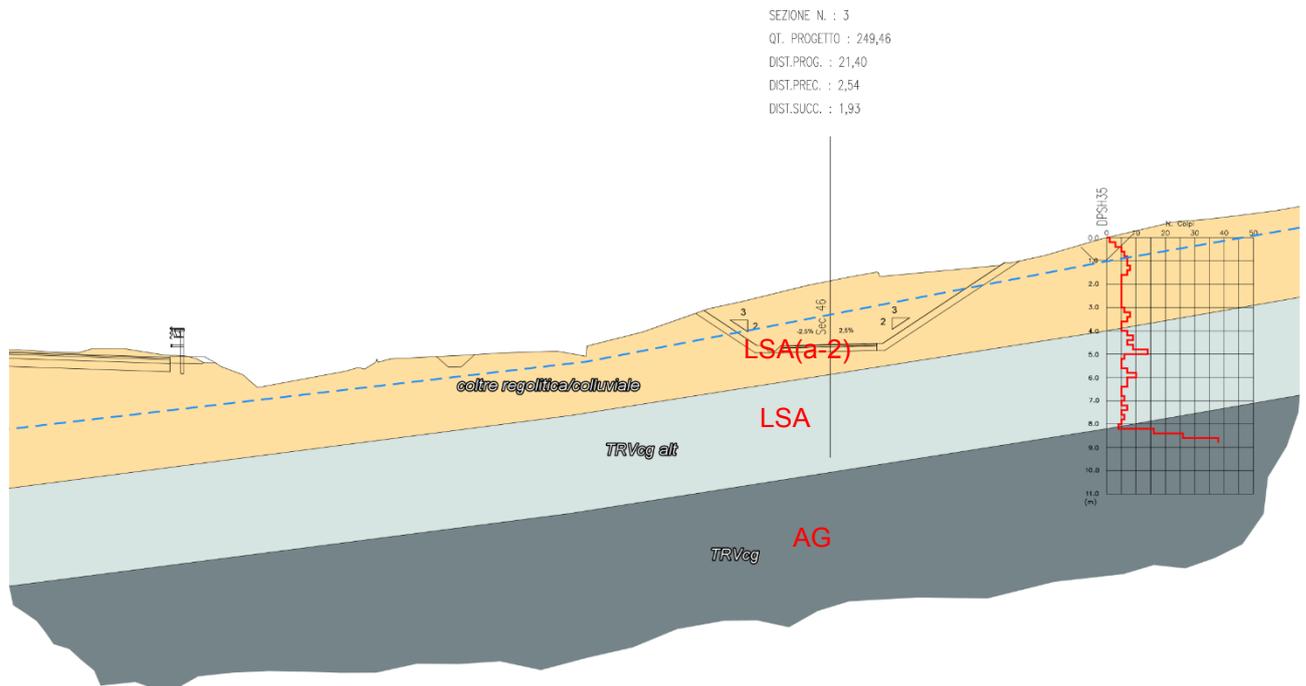


Figura 13: Sezione geologica e stratigrafica (VS46 - sez. 3)

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”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

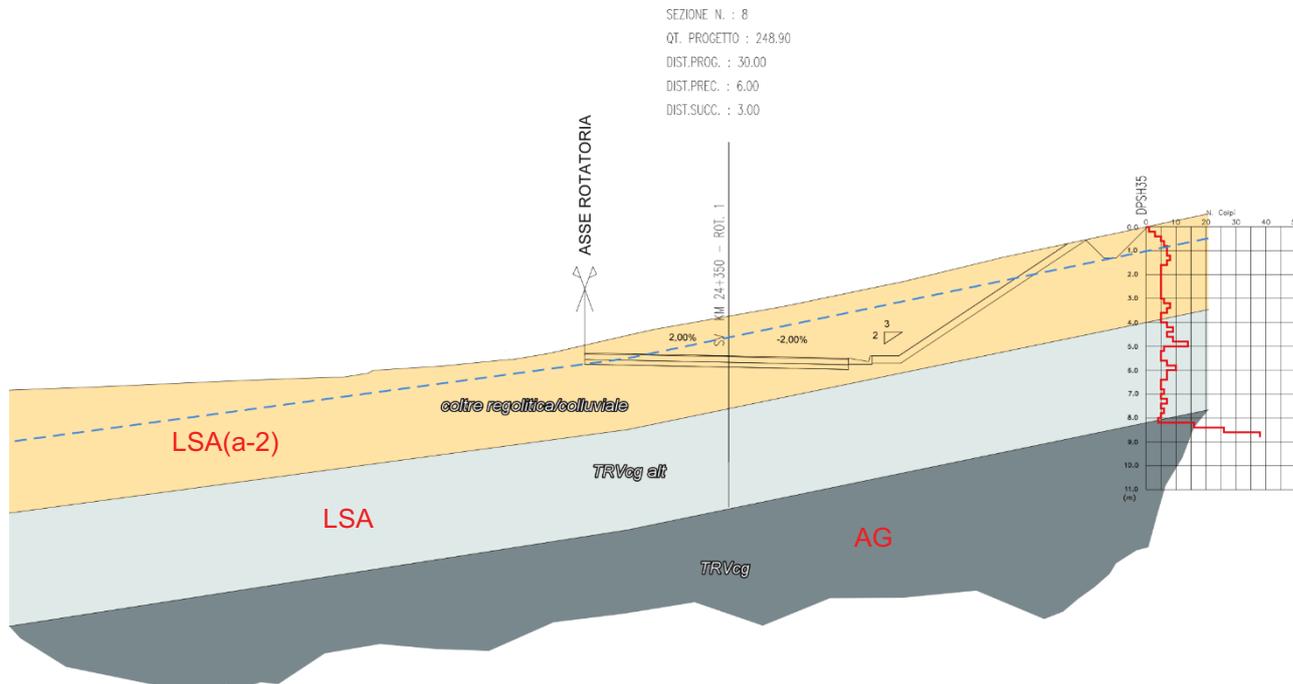
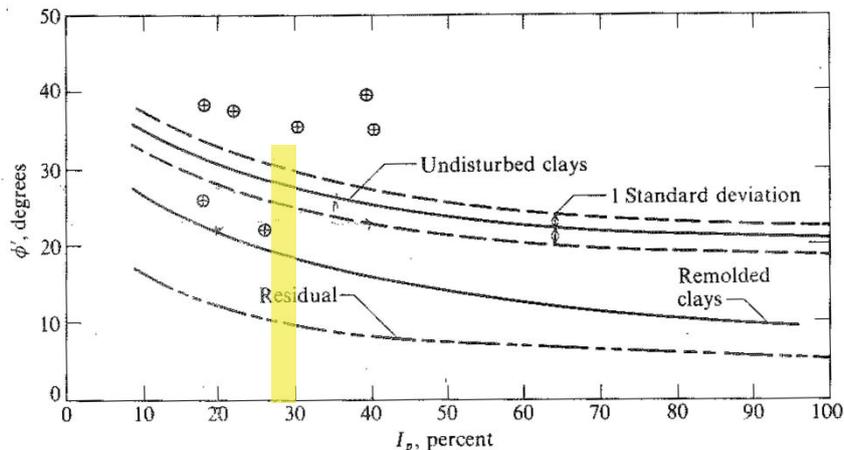


Figura 14: Sezione geologica e stratigrafica (Rot. 1 - sez. 8)

Nella Tabella 2 si riportano per le diverse unità i parametri geotecnici di riferimento. E' da osservare che i parametri di resistenza a taglio assunti sono in linea con la correlazione proposta da Ladd et al. (1977) di cui alla Figura 15 considerando che l'indice plastico è mediamente 25-30 e che per l'unità LSA(a-2) la curva di riferimento può essere quella indicata per la “remolded clay”.



Correlation between  $\phi'$  and plasticity index  $I_p$  for normally consolidated (including marine) clays. Approximately 80 percent of data falls within one standard deviation. Only a few extreme scatter values are shown [Data from several sources: Ladd et al. (1977), Bjerrum and Simons (1960), Kanja and Wolle (1977), Olsen et al. (1986).]

Figura 15: Correlazione fra angolo di resistenza a taglio e indice plastico

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

Tabella 2: Parametri geotecnici, caratteristici per quanto concerne quelli di resistenza al taglio

Unità	Spessore	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$c'_k$ (kPa)	$c_{uk}$ (kPa)	$E'$ (MPa)
LSA(a-2)	≈4.0	20	20	0	60÷120	15
LSA	≈4.0	20	24	5	120÷200	20
AG	>	20.5	26	10÷15	200+10*δz ≤ 400	30+1.5*δz ≤ 80
Rilevato nuovo		20	38	0		50

### 9.2.1 Falda di progetto

Come risulta dalla relazione geologica, i terreni di copertura possono essere sede di locali e temporanee falde in conseguenza agli apporti meteorici, con livelli freatici anche prossimi al piano campagna. Si assumono i seguenti livelli di falda di progetto:

- Condizioni statiche: falda a -0.5 m da p.c.
- Condizioni simiche: falda a -1.5 m da p.c. (-1.0 m rispetto al livello statico)

Tali livelli si riferiscono alla attuale e naturale configurazione del versante e poiché in progetto si prevedono scavi con interventi di drenaggio, il livello di falda in prossimità dell'opera si modifica.

## 10 GABBIONATA

### 10.1 PROGRAMMA DI CALCOLO

Il dimensionamento del muro in gabbioni è stato condotto utilizzando il programma di calcolo denominato MacStar W. Il programma consente la verifica dell'opera come muro di sostegno monolitico. MACSTARS W consente le seguenti tipologie di verifica:

- Verifica di stabilità globale;
- Verifica di scorrimento;
- Verifica di capacità portante;
- Verifica al ribaltamento.

La verifica di stabilità globale fa riferimento ai metodi di stabilità all'equilibrio limite. La porzione di terreno soggetta a rottura viene divisa in conci e per ciascuno di questi si calcolano le forze alle quali sono assoggettati: forze esterne, peso, reazioni alla base e forze di contatto tra concio e concio. Nel codice di calcolo MACSTARS W si utilizzano il metodo semplificato di Bishop.

La verifica a scorrimento accerta la stabilità dell'opera allo scorrimento lungo un piano orizzontale scelto dall'utente, con parametri di verifica (coesione e angolo di attrito sulla superficie di scorrimento) scelti pure dall'utente in funzione del tipo di contatto alla base.

La verifica di capacità portante accerta la sicurezza nei confronti della rottura del terreno di fondazione. In particolare la pressione ultima dei terreni di fondazione viene calcolata con un metodo generale, che riprende i classici metodi dell'equilibrio limite (Terzaghi, Hansen, Meyerof), e che consente di tenere in conto situazioni stratigrafiche o geometriche complesse.

La verifica a ribaltamento accerta la stabilità dell'opera al ribaltamento attorno ad un punto alla base del muro.

**I fattori di sicurezza riportati da programma sono forniti in rapporto ai coefficienti parziali per le resistenze  $\gamma_R$  valutati come riportato al §10.3.**

L'analisi in condizione sismiche è eseguita mediante il metodo pseudostatico, ovvero l'azione sismica viene rappresentata da un'azione statica equivalente.

## 10.2 AZIONI DI CALCOLO

### 10.2.1 Carichi variabili

Nel calcolo non è stato considerato il carico accidentale ( $Q_k$ ) agente sul piano stradale.

### 10.2.2 Sisma

#### 10.2.2.1 Azioni sull'opera

La determinazione dei coefficienti sismici per il calcolo dell'opera di sostegno è stata condotta in accordo al paragrafo 7.11.6.2.1 del DM 14/01/2008. Assumendo:

- $\beta_m = 0.24$ ;

risulta:

- $k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} = 0.04$  ;
- $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.02$  .

#### 10.2.2.2 Stabilità globale dell'insieme terreno-opera

La determinazione dei coefficienti sismici per le verifiche di stabilità dell'opera è stata condotta in accordo al paragrafo 7.11.3.5.2 del DM 14/01/2008. Assumendo:

- $\beta_s = 0.24$ ;

risulta:

- $k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} = 0.04$  ;
- $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.02$  .

## 10.3 APPROCCI PROGETTUALI E CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche sono state sviluppate con riferimento alle NTC 2008, adottando per gli stati limite ultimi (SLU-SLV) di tipo geotecnico (GEO) l'approccio 2:

- A1+M1+R3 (GEO): scorrimento del piano di posa e collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.

Per gli stati limite ultimi (SLU-SLV) di equilibrio di corpo rigido (EQU) si sono utilizzati i coefficienti parziali sulle azioni della Tab. 2.6.I di cui alle NTC 2008 e sono stati adottati i coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte, secondo il seguente approccio:

- EQU+M2+R1 (EQU): ribaltamento.

Le verifiche di stabilità del complesso opera di sostegno-terreno sono state condotte con:

- Approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO-stab).

I coefficienti parziali per le azioni (A), per i parametri geotecnici del terreno (M) e per le resistenze (R) sono in accordo alla tab. 6.2.I, 6.2.II, 6.5.I e 6.8.I (stabilità) di cui alle NTC 2008.

Per gli stati limite ultimi la verifica di sicurezza è soddisfatta se:

$$R_d \leq E_d,$$

dove:

$R_d$  = resistenza di progetto;

$E_d$  = valore di progetto dell'effetto delle azioni.

### 10.3.1 Combinazioni delle Azioni

Si sono considerate le combinazioni delle azioni nel seguito descritte in cui si indica con:

G = Azioni permanenti dovute al peso proprio degli elementi;

- *Combinazione fondamentale* impiegata per gli stati limite ultimi (**SLU**):

$$\gamma_G \cdot G$$

- *Combinazione sismica* impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E (**SLV**)

$$E + G$$

I coefficienti parziali  $\gamma$  per le azioni agli SLU sono in accordo alla tab. 6.2.I di cui alle NTC 2008.

## 10.4 SEZIONE 8

Le verifiche sono sviluppate in riferimento alla sezione 8 che presenta le maggiori altezze di scavo.

### 10.4.1 Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati

Nella seguente tabella si riassumono i parametri di input dei materiali forniti al software di calcolo.

Tabella 3: Parametri di input dei materiali forniti al software MacStars.

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$c'_k$ (kPa)
LSA(a-2)	20	22	2
LSA	20	24	5
AG	20.5	26	10
Rilevato nuovo	20	38	0
Gabbionata	17.5	40	12.5

La falda si assume:

- Condizione statica: -0.5 m da p.c.
- Condizione simica: -1.5 m da p.c. (-1.0 m rispetto al livello statico)

In prossimità dell'opera la falda è assunta, in condizioni statiche, a piano di posa per la presenza di drenaggi.

#### 10.4.2 Sintesi dei risultati per gli SLU Geotecnici (GEO)

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati con riferimento agli stati limite ultimi statici e sismici (SLU-SLV) di tipo geotecnico (GEO).

##### 10.4.2.1 Verifica agli SLU di tipo geotecnico (GEO)

Di seguito si riportano i fattori di sicurezza ottenuti nelle diverse verifiche; per i tabulati di calcolo si rimanda all'Appendice 1. Si ricorda che i fattori di sicurezza calcolati dal programma (vedasi i tabulati dell'Appendice 1) sono divisi per i coefficienti parziali delle resistenze  $\gamma_R$  richiesti dalla normativa per ogni tipologia di verifica. Nelle tabelle seguente viene esplicitato il coefficiente  $\gamma_R$  riportando il fattore di sicurezza così determinato:

$$FS = FS_{\text{programma}} * \gamma_R.$$

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

Tabella 4:Verifica di scorrimento e carico limite (SL/SLV-GEO A1+M1+R3).

Verifica		Approccio	FS		$\gamma_R$	
<b>SLU-GEO</b> <b>Scorrimento</b>	<b>statico</b>	A1+M1+R3	2.59	>	1.10	Verificato
<b>SLU-GEO</b> <b>Capacità portante</b>	<b>statico</b>	A1+M1+R3	8.80	>	1.40	Verificato
Verifica		Approccio	FS		$\gamma_R$	
<b>SLV-GEO</b> <b>Scorrimento</b>	<b>sismico</b>	A1+M1+R3	2.48	>	1.10	Verificato
<b>SLV-GEO</b> <b>Capacità portante</b>	<b>sismico</b>	A1+M1+R3	6.80	>	1.40	Verificato

Tabella 5:Verifica di ribaltamento (SL/SLV-EQU).

Verifica		Approccio	FS		$\gamma_R$	
<b>SLU-EQU</b> <b>Ribaltamento</b>	<b>statico</b>	EQU+M2+R1	1.66	>	1.00	Verificato
<b>SLV-EQU</b> <b>Ribaltamento</b>	<b>sismico</b>	EQU+M2+R1	1.66	>	1.00	Verificato

Tabella 6:Verifica di stabilità globale (SL/SLV-GEO-STAB).

Verifica		Approccio	FS		$\gamma_R$	
<b>SLU-GEO</b> <b>Stabilità Globale</b>	<b>statico</b>	A2+M2+R2	1.11	>	1.10	Verificato
<b>SLV-GEO</b> <b>Stabilità Globale</b>	<b>sismico</b>	A2+M2+R2	1.14	>	1.10	Verificato

## 11 APPENDICE 1: REPORT PROGRAMMA MACSTAR\_SEZIONE 8

# 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

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

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

<b>Terreno : AG</b>	Descrizione :
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 10.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 26.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 20.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 20.50
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : GABBIONE</b>	Descrizione : gA
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 12.50
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 17.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 17.50
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

**Terreno : LSA**

Descrizione :

Classe coesione.....:	Coef. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....[kN/m <sup>2</sup> ].....:	5.00	
Classe d'attrito.....:	Coef. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....[°].....:	24.00	
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....:	0.00	
Classe di peso.....:	Coef. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole	
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	

**Terreno : LSA(A-2)**

Descrizione :

Classe coesione.....:	Coef. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....[kN/m <sup>2</sup> ].....:	2.00	
Classe d'attrito.....:	Coef. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....[°].....:	22.00	
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....:	0.00	
Classe di peso.....:	Coef. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole	
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	

**Terreno : RILEVATO**

Descrizione :

Classe coesione.....:	Coef. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....[kN/m <sup>2</sup> ].....:	0.00	
Classe d'attrito.....:	Coef. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....[°].....:	38.00	
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....:	0.00	
Classe di peso.....:	Coef. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole	
Peso specifico sopra falda.....[kN/m <sup>3</sup> ].....:	20.00	
Peso specifico in falda.....[kN/m <sup>3</sup> ].....:	20.00	

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno : RILVALLE** Descrizione :

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>].....: 20.00  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**PROFILI STRATIGRAFICI**

**Strato: AG**

Descrizione:

Terreno : AG

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	3.55	1.78	3.83	44.63	12.72		

**Strato: LSA**

Descrizione:

Terreno : LSA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
0.00	7.79	1.78	8.04	12.84	10.34	13.59	10.34
14.59	10.34	15.37	10.86	44.63	16.93		

**Strato: LSA(A2)**

Descrizione:

Terreno : LSA(A-2)

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	10.49	10.99	10.27	12.09	10.34	12.84	10.34

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".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

**Strato: LSA(A-2)M**

Descrizione:

Terreno : LSA(A-2)

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
15.37	10.86	24.50	17.00	26.00	17.28	39.45	20.03
44.63	21.03						

**Strato: RIL**

Descrizione:

Terreno : RILVALLE

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	11.46	10.99	11.24	12.10	11.34		

**PROFILI FALDE FREATICHE**

**Falda: FALDA**

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	10.49			14.59	10.34		
28.04	16.93			36.70	17.55		
39.45	19.53			44.63	20.53		

**MURI IN GABBIONI**

**Muro : GA**

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 12.09 Ordinata.....= 10.34

Rotazione muro..... [°].....= 0.00

Materiale riempimento gabbioni.....: GABBIONE

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

Terreno di copertura.....: RILEVATO

Terreno di fondazione.....: LSA

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m <sup>3</sup> ]
1	1.50	1.00	0.00	61.31
2	1.00	1.00	0.50	61.31

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

Gabbioni senza diaframmi

Maglia 10x12

Diametro filo 2,7 [mm]

Classe Pu

: Pu

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

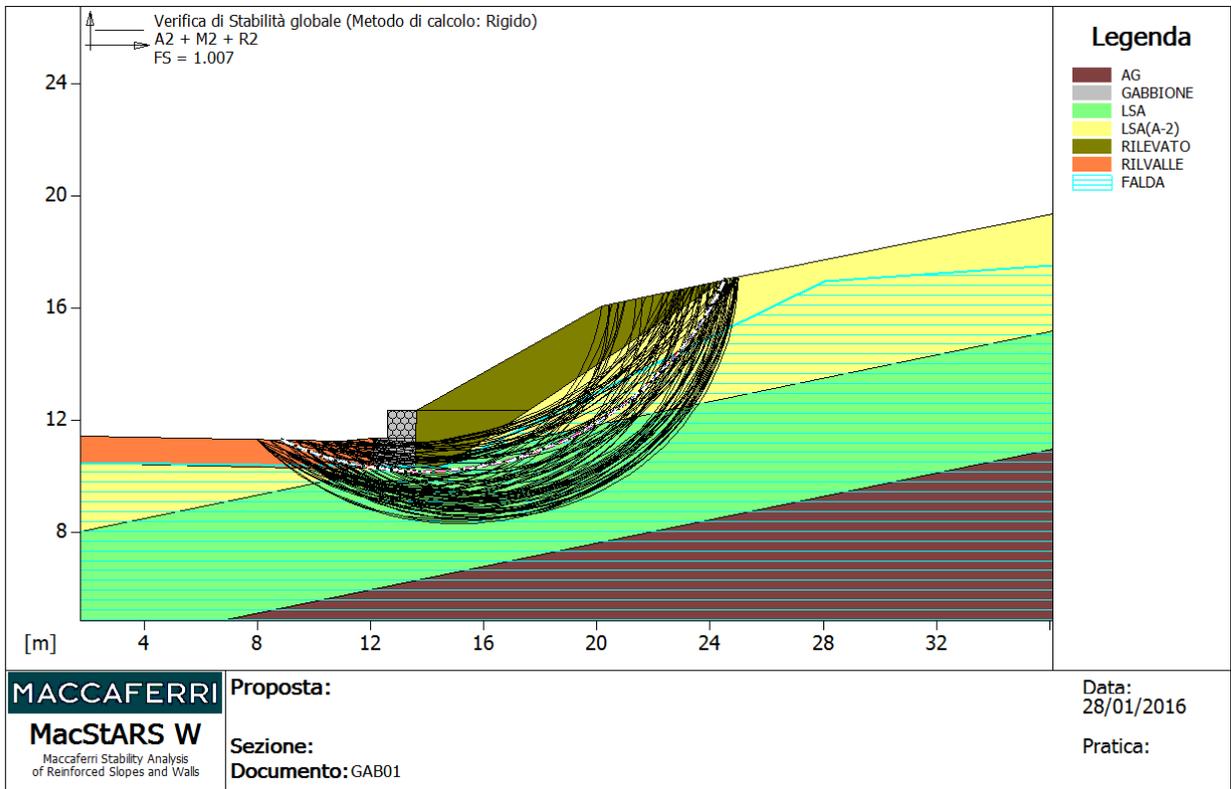
Affondamento fondazione.....[m] : 1.00

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

**Profilo di ricopertura:**

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]						
0.00	0.00	1.00	0.01	7.56	3.71	11.90	4.65

**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.....: 1.007

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
8.00	12.00	20.00	25.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 10

Numero totale superfici di prova.....: 110

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

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

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

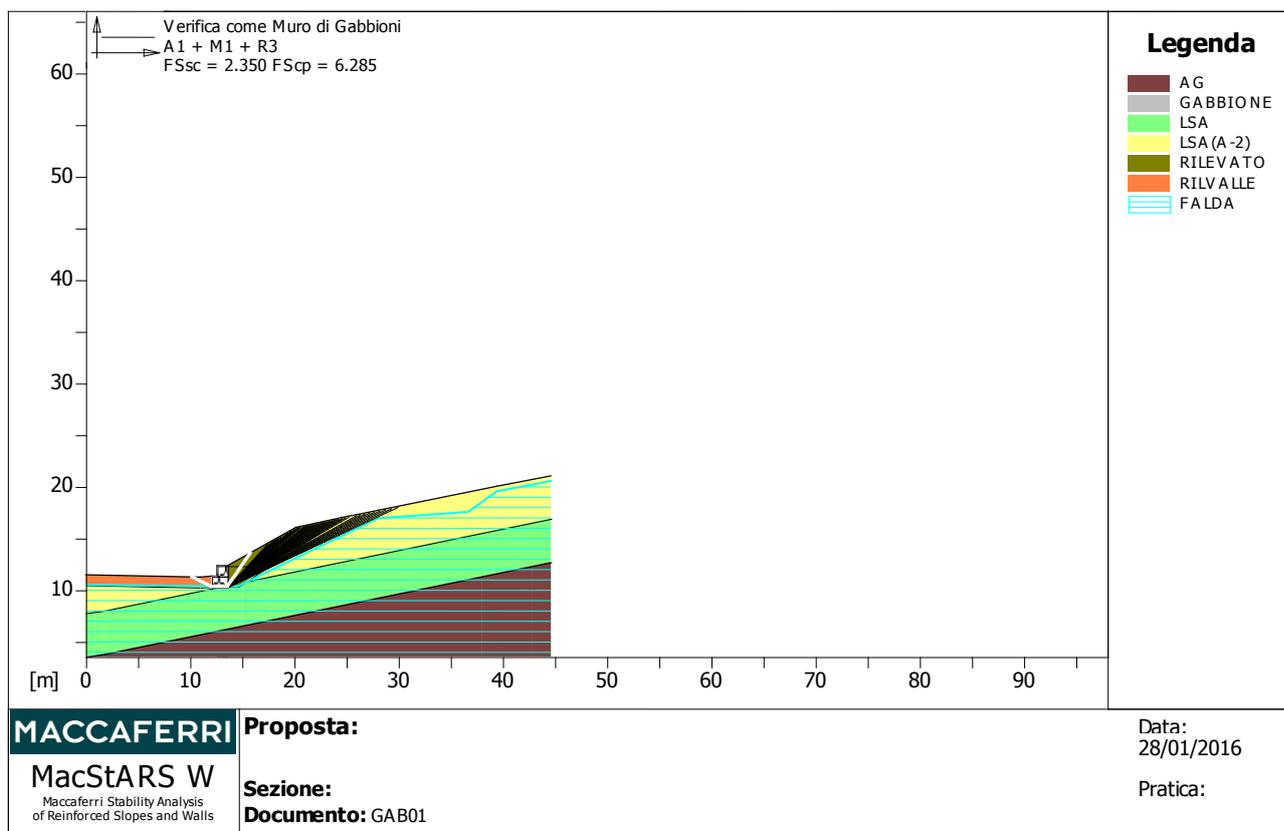
Fattore	Classe
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace

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".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

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



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : GA

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 37.23

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 14.40

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.350

Pressione ultima calcolata con Brinch Hansen.

Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 320.46

Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 36.42

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

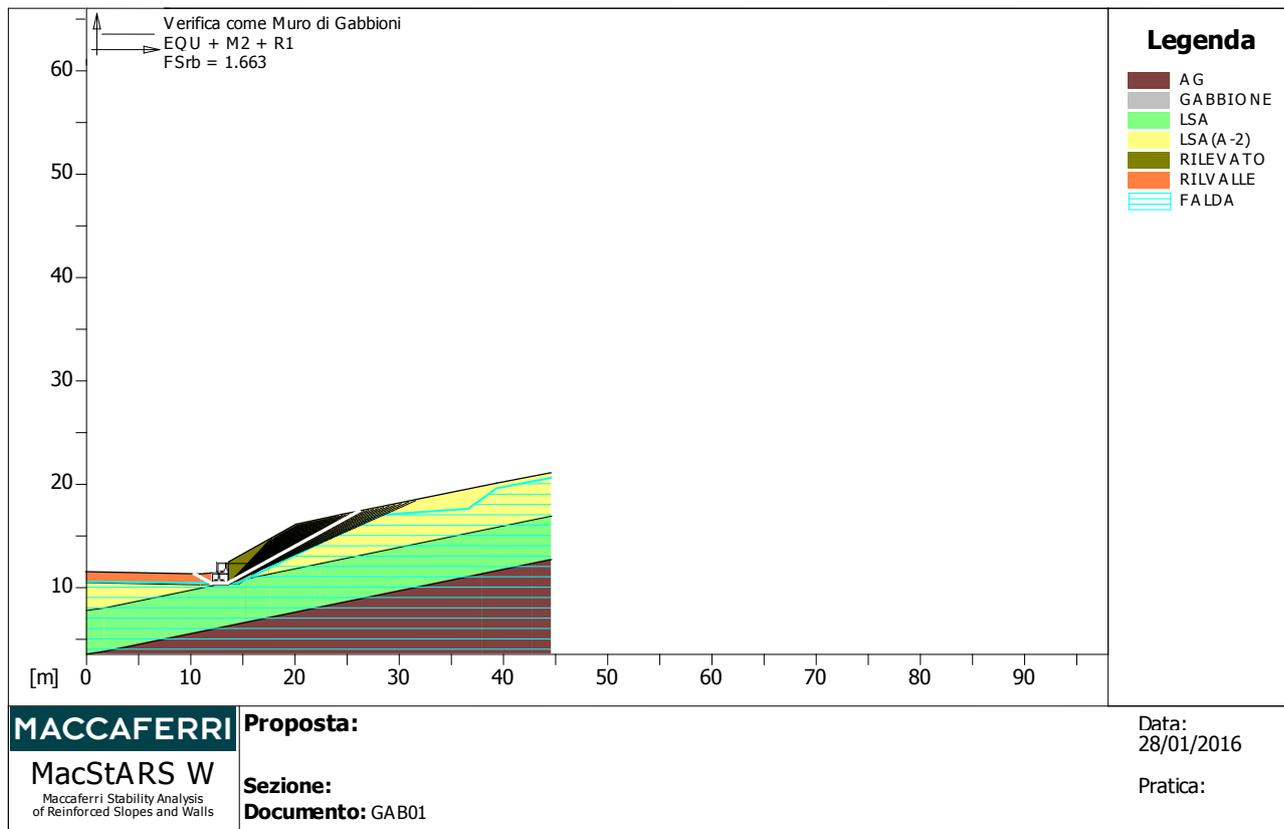
Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante  
 Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 6.285  
 Fondazione equivalente.....[m].....: 1.50  
 Eccentricità forza normale.....[m].....: 0.00  
 Braccio momento.....[m].....: 1.42  
 Forza normale .....[kN].....: 54.63  
 Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 36.42  
 Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 36.42

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

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : GA

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 152.28

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 91.60

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 1.663

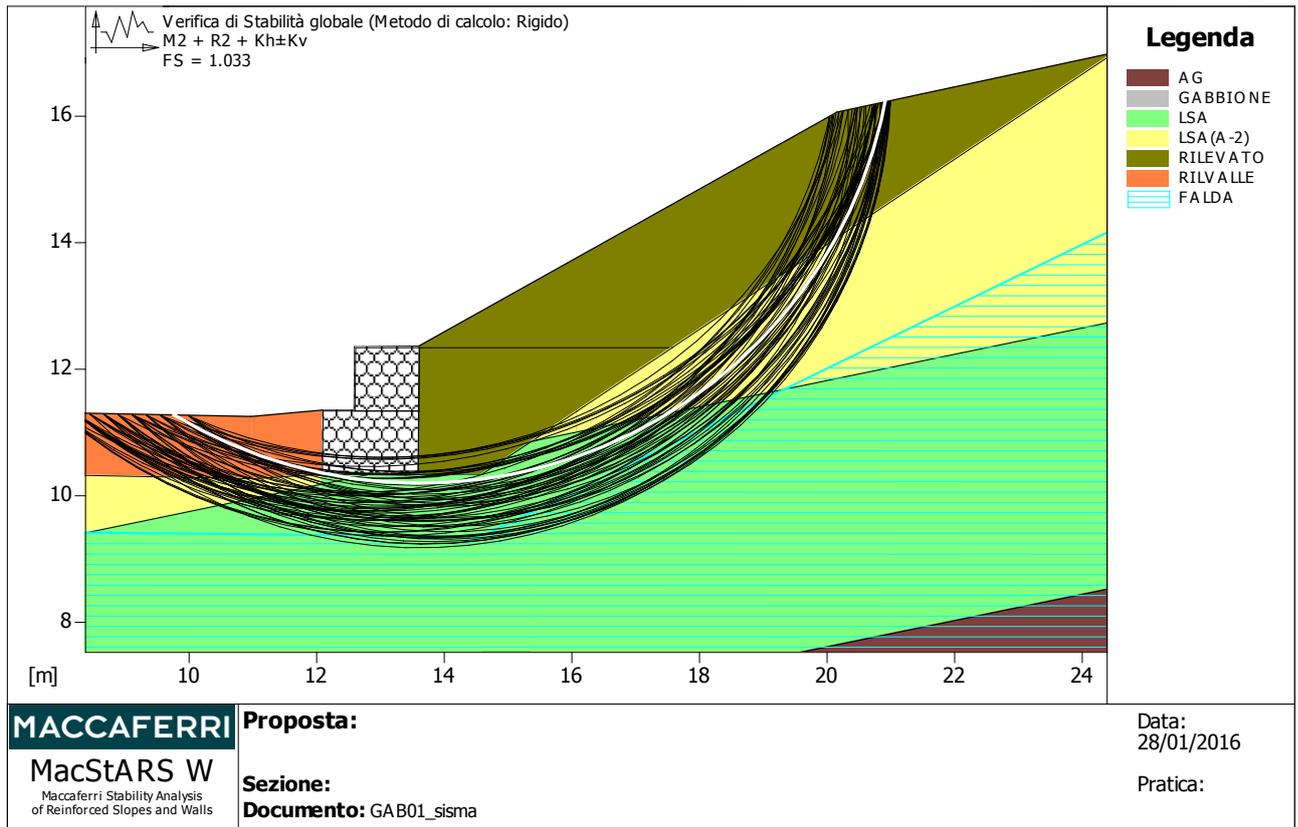
Fattore	Classe
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
0.90	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

**Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione...[m/s<sup>2</sup>].: Orizzontale.....= 0.40 Verticale.....= -0.20

**VERIFICHE**



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.033

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
8.00	10.00	20.00	21.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		10	
Numero totale superfici di prova.....:		110	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	

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".

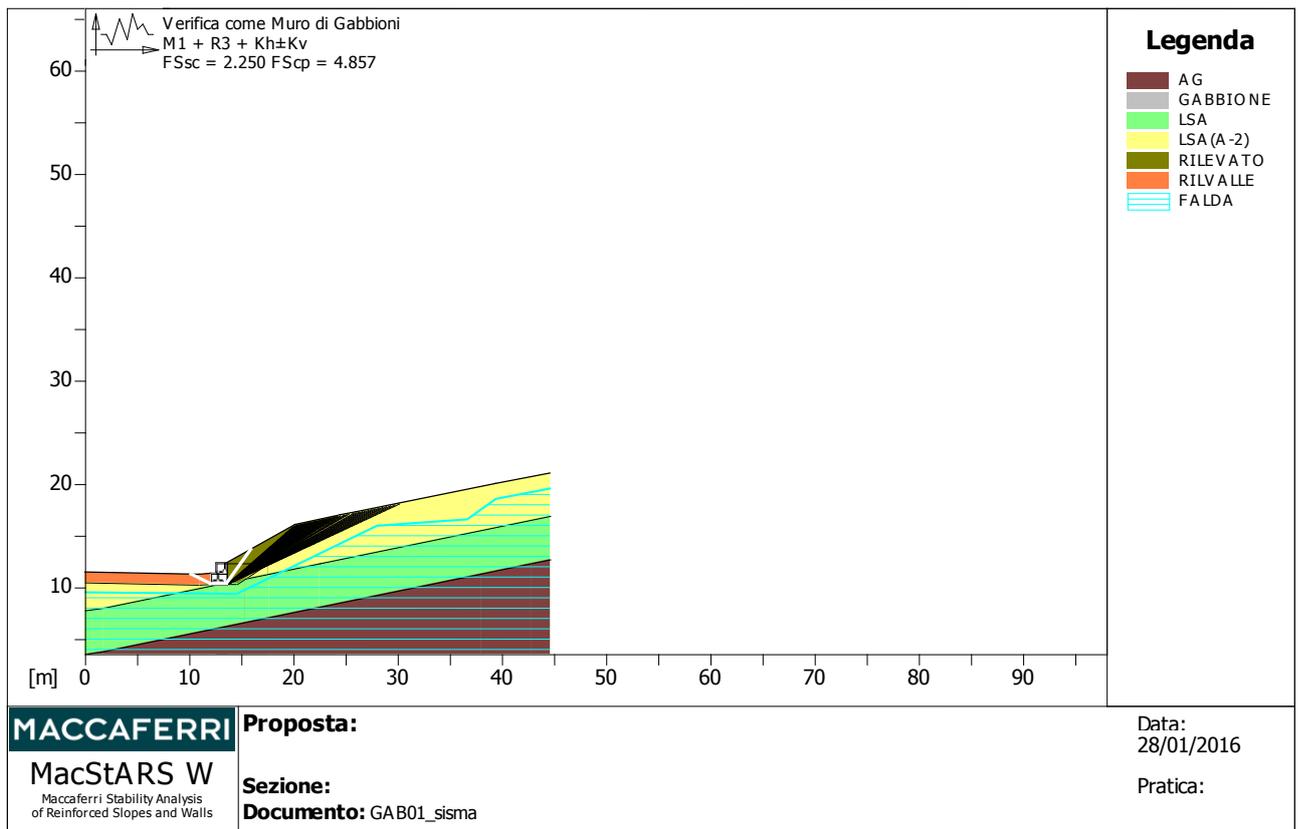
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

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



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : GA

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 37.41

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 15.12

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.250

Pressione ultima calcolata con Brinch Hansen.

Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 248.94

Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 36.61

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 4.857

Fondazione equivalente.....[m].....: 1.50

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

Braccio momento.....[m].....: 1.50

Forza normale.....[kN].....: 54.91

Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 36.61

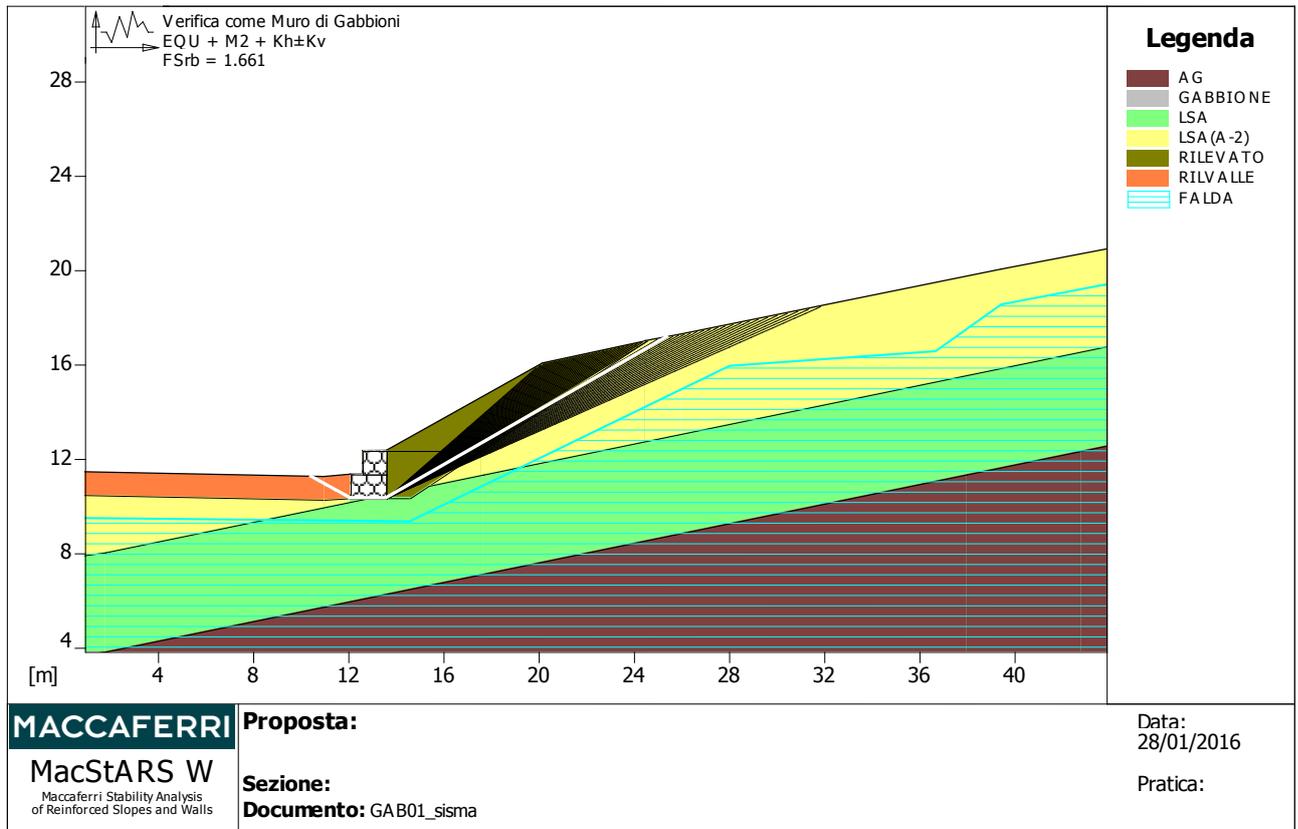
Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 36.61

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 - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante

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".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : GA

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 206.22

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 124.15

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 1.661

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

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".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo

## 12 APPENDICE 2: STRALCIO DEL RAPPORTO TECNICO DELLE PROVE PENETROMETRICHE DPSH



### SCHEDA RIEPILOGATIVA DELL'INDAGINE PENETROMETRICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	CPT	CPTU	CPTU + DISSIPAZIONE	DPSH	X
Nome prova	DPSH 34_15b				
Rapporto di prova n.	-				
Ubicazione	VEDI PLANIMETRIA ALLEGATA				
Strumento utilizzato	PENETROMETRO PAGANI TG 63-200 DINAMICO				
Operatore	Dott. Geol. A. Ardagna - Dott. Geol. V. Ingrassia				
Data Esecuzione Prove	25/01/2016				
Profondità raggiunta	5.60 m p.c.				
Eseguito prescavo esplorativo	no				
Rifiuto oltre profondità di penetrazione ultima	si				
Ancoraggio strumento	-				
Punta utilizzata	Punta conica di diametro 56 mm e angolo di apertura punta di 90°				
Sistema di lettura	Manuale				
Programma utilizzato per acquisizione	-				
Programma utilizzato per elaborazione dati	Dynamic probing- Geostru software				
Allegati al presente documento	DPSH 34_15b				



PROVA ...DPSH 34\_15b

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".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo



Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 25/01/2016  
 Profondità prova 5.40 mt  
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	16.26	19.02	0.81	0.95
0.40	5	0.851	40.45	47.55	2.02	2.38
0.60	3	0.847	24.17	28.53	1.21	1.43
0.80	3	0.843	24.06	28.53	1.20	1.43
1.00	4	0.840	29.02	34.56	1.45	1.73
1.20	3	0.836	21.68	25.92	1.08	1.30
1.40	4	0.833	28.79	34.56	1.44	1.73
1.60	4	0.830	28.67	34.56	1.43	1.73
1.80	6	0.826	42.84	51.84	2.14	2.59
2.00	5	0.823	32.58	39.58	1.63	1.98
2.20	6	0.820	38.96	47.50	1.95	2.38
2.40	6	0.817	38.81	47.50	1.94	2.38
2.60	4	0.814	25.78	31.67	1.29	1.58
2.80	6	0.811	38.54	47.50	1.93	2.38
3.00	8	0.809	47.26	58.44	2.36	2.92
3.20	5	0.806	29.44	36.52	1.47	1.83
3.40	6	0.803	35.21	43.83	1.76	2.19
3.60	5	0.801	29.25	36.52	1.46	1.83
3.80	6	0.798	34.99	43.83	1.75	2.19
4.00	6	0.796	32.39	40.68	1.62	2.03
4.20	5	0.794	26.91	33.90	1.35	1.70
4.40	9	0.791	48.30	61.03	2.41	3.05
4.60	14	0.739	70.18	94.93	3.51	4.75
4.80	17	0.737	84.97	115.27	4.25	5.76
5.00	16	0.735	74.41	101.23	3.72	5.06
5.20	32	0.633	128.16	202.46	6.41	10.12
5.40	38	0.631	151.71	240.42	7.59	12.02

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".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo



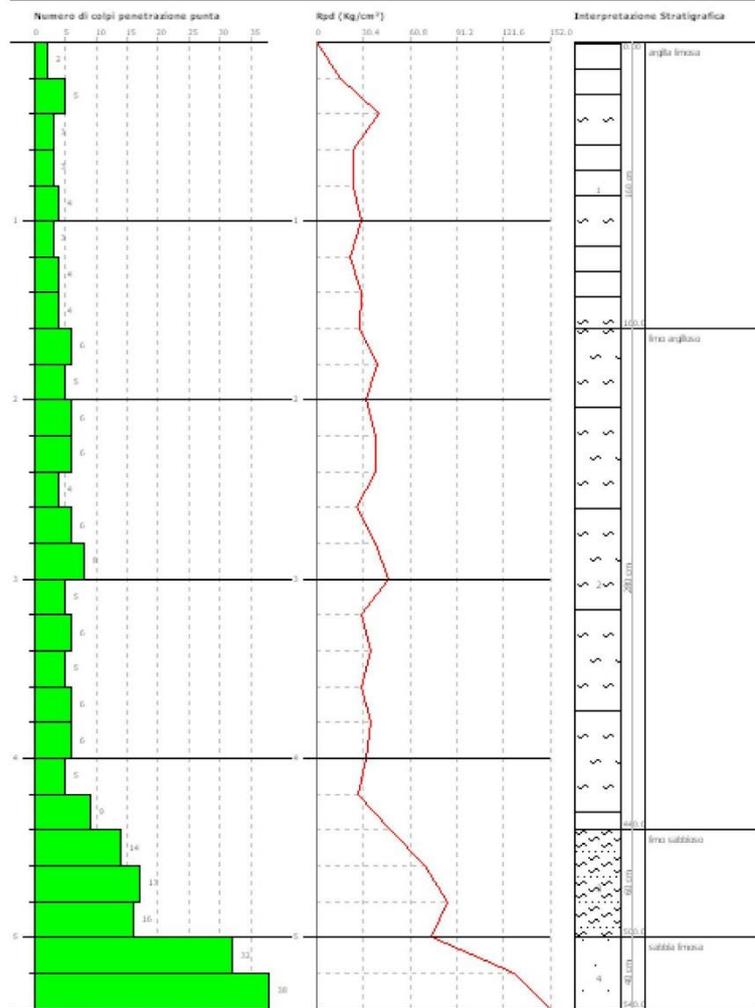
Gestru Software  
www.gestru.com  
gestru@gestru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 34\_15b  
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : L&R  
Cantiere : PA-AG  
Località :

Data :25/01/2016

Scala 1:25



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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo



SCHEDA RIEPILOGATIVA DELL'INDAGINE PENETROMETRICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	CPT	CPTU	CPTU + DISSIPAZIONE	DPSH	X
Nome prova	DPSH 35_15b				
Rapporto di prova n.	-				
Ubicazione	VEDI PLANIMETRIA ALLEGATA				
Strumento utilizzato	PENETROMETRO PAGANI TG 63-200 DINAMICO				
Operatore	Dott. Geol. A. Ardagna - Dott. Geol. V. Ingrassia				
Data Esecuzione Prove	25/01/2016				
Profondità raggiunta	9.00 m p.c.				
Eseguito prescavo esplorativo	no				
Rifiuto oltre profondità di penetrazione ultima	si				
Ancoraggio strumento	-				
Punta utilizzata	Punta conica di diametro 56 mm e angolo di apertura punta di 90°				
Sistema di lettura	Manuale				
Programma utilizzato per acquisizione	-				
Programma utilizzato per elaborazione dati	Dynamic probing- Geostru software				
Allegati al presente documento	DPSH 35_15b				



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".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo



**PROVA ...DPSH 35 15b**

Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 25/01/2016  
 Profondità prova 8.80 mt  
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	1	0.855	8.13	9.51	0.41	0.48
0.40	3	0.851	24.27	28.53	1.21	1.43
0.60	5	0.847	40.28	47.55	2.01	2.38
0.80	6	0.843	48.12	57.06	2.41	2.85
1.00	7	0.840	50.79	60.48	2.54	3.02
1.20	7	0.836	50.58	60.48	2.53	3.02
1.40	8	0.833	57.57	69.12	2.88	3.46
1.60	7	0.830	50.17	60.48	2.51	3.02
1.80	5	0.826	35.70	43.20	1.78	2.16
2.00	5	0.823	32.58	39.58	1.63	1.98
2.20	5	0.820	32.46	39.58	1.62	1.98
2.40	5	0.817	32.35	39.58	1.62	1.98
2.60	5	0.814	32.23	39.58	1.61	1.98
2.80	5	0.811	32.12	39.58	1.61	1.98
3.00	5	0.809	29.54	36.52	1.48	1.83
3.20	6	0.806	35.33	43.83	1.77	2.19
3.40	8	0.803	46.95	58.44	2.35	2.92
3.60	7	0.801	40.95	51.13	2.05	2.56
3.80	5	0.798	29.16	36.52	1.46	1.83
4.00	5	0.796	26.99	33.90	1.35	1.70
4.20	7	0.794	37.67	47.46	1.88	2.37
4.40	9	0.791	48.30	61.03	2.41	3.05
4.60	7	0.789	37.46	47.46	1.87	2.37
4.80	9	0.787	48.03	61.03	2.40	3.05
5.00	14	0.735	65.10	88.57	3.26	4.43
5.20	6	0.783	29.72	37.96	1.49	1.90
5.40	5	0.781	24.71	31.63	1.24	1.58
5.60	5	0.779	24.65	31.63	1.23	1.58
5.80	7	0.777	34.42	44.29	1.72	2.21
6.00	10	0.775	45.98	59.30	2.30	2.96
6.20	7	0.774	32.12	41.51	1.61	2.08
6.40	7	0.772	32.05	41.51	1.60	2.08
6.60	5	0.770	22.84	29.65	1.14	1.48
6.80	5	0.769	22.79	29.65	1.14	1.48
7.00	6	0.767	25.68	33.48	1.28	1.67
7.20	5	0.766	21.36	27.90	1.07	1.39
7.40	7	0.764	29.85	39.06	1.49	1.95
7.60	5	0.763	21.28	27.90	1.06	1.39
7.80	6	0.761	25.49	33.48	1.27	1.67
8.00	5	0.760	20.02	26.34	1.00	1.32
8.20	4	0.759	15.99	21.07	0.80	1.05
8.40	16	0.707	59.62	84.30	2.98	4.21
8.60	26	0.656	89.86	136.98	4.49	6.85
8.80	38	0.605	121.07	200.21	6.05	10.01

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".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Gabbionata Svincolo Nuovo – Relazione di Calcolo



Gestru Software  
www.gestru.com  
gestru@gestru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 35\_15b  
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente :  
Cardine :  
Località :

L & R  
PA-AG

Data :25/01/2016

Scala 1:42

