



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.

- PERIZIA DI VARIANTE N.3 -

Il Responsabile Ambientale:
Dott. Maurizio D'Angelo



Titolo elaborato:

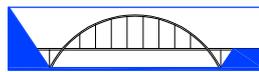
OPERE D'ARTE NUOVI VIADOTTI - VIADOTTO BAUCINA Relazione geotecnica

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PV	V7	RE02	6	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:	
	PVV7RE02_60_4137	1=1	4 1 3 7	-	
5					
4					
3					
2					
1					
0	Prima emissione		Maggio 2021	F.Bianchi S. Fortino N. Behaman	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Progettisti :



ENSER srl
SOCIETA' DI INGEGNERIA



Viale Baccarini, 29 - 48018 FAENZA (RA) tel. 0546-663423
Via Zacconi, 16 - 40127 BOLOGNA (BO) tel. 051-245663
Via Andrea Costa, 115 - 47822 SANTARCANGELO DI ROMAGNA (RN) tel. 0541-1832933
ingegneria@enser.it - www.enser.it - P.E.C.: ensersrl-ra@legalmail.it

Il Progettista Responsabile
Prof. Ing. Gianfranco Marchi

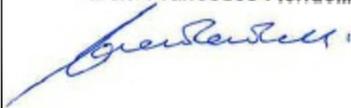


Il Geologo
Dott. Stefano Ferro



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di esecuzione:
Arch. Francesco Rondelli

Il Coordinatore per la
Esecuzione dei Lavori
arch. Francesco Rondelli



Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero



ANAS S.p.A.

DATA:	PROTOCOLLO:	VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
CODICE PROGETTO	LO410C E 1101	Dott. Ing. Luigi Mupo

INDICE

INDICE	1
1 PREMESSA.....	2
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO.....	3
4 SIMBOLOGIA.....	3
5 INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO E DI LABORATORIO.....	4
5.1 INDAGINI IN SITO.....	5
5.2 PROVE DI LABORATORIO.....	9
6 NUOVI ELEMENTI CONOSCITIVI EMERSI IN CORSO D'OPERA.....	10
7 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI.....	12
7.1 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE.....	12
7.1.1 Caratteristiche di resistenza in termini di coesione non drenata.....	13
7.1.2 Caratteristiche di deformabilità.....	14
7.2 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DI LABORATORIO.....	15
7.3 UNITA' STRATIGRAFICHE.....	15
7.3.1 Falda di progetto.....	18
8 CONFRONTO TRA LA STRATIGRAFIA DI PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO E LA STRATIGRAFIA DI PERIZIA DI VARIANTE.....	19
9 EFFETTI DELLA NUOVA STRATIGRAFIA SULLA STABILITÀ.....	21
10 APPENDICE 1: rapporto tecnico di prova sulle indagini geognostiche effettuate, redatto dalla società L&R, LAboratori e Ricerche S.r.l.	23

1 PREMESSA

Nell’ambito delle attività prevista per la progettazione del Viadotto Baucina (Figura 1), la presente relazione illustra i dati disponibili, i criteri generali utilizzati per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dall’infrastruttura in progetto e i parametri geotecnici delle diverse unità litostratigrafiche.



Figura 1: Area in cui ricade il nuovo viadotto V7. Immagine Google Earth 2016.

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. 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- [3] Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 - “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.
- [4] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998.

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:

- γ = peso di volume del terreno;
- c_u = coesione in condizioni non drenate;
- ϕ' = angolo di resistenza al taglio in condizioni drenate;
- c' = coesione in condizioni drenate;

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

5.1 INDAGINI IN SITO

Le indagini geognostiche in sito disponibili consistono in:

- Indagini di PD e PEA:
 - n.1 prova penetrometrica statica meccanica (CPT8);
 - n.1 pozzetto esplorativo (PZ8).
- Indagini integrative:
 - n.4 prove penetrometriche statiche meccaniche (CPT28, CPT29, CPT31 e CPT33);
 - n.2 sondaggi a carotaggio continuo alla profondità di 5 m da p.c., realizzati in sostituzione di pozzetti esplorativi con escavatore (Pz13_15b, Pz14_15b).

Ai fini della caratterizzazione stratigrafica dell'area si è fatto riferimento ai diagrammi penetrometrici ed alle stratigrafie di seguito riportati.

I diagrammi penetrometrici indicano la presenza di terreni di copertura (regolitico-colluviale e/o alluvionale) a bassa consistenza in spessori alquanto variabili, da meno di 1.0 m fino anche a 7.0 m, sovrastanti la formazione di substrato, decisamente compatta e generalmente con una porzione sommitale alterata molto esigua.

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica

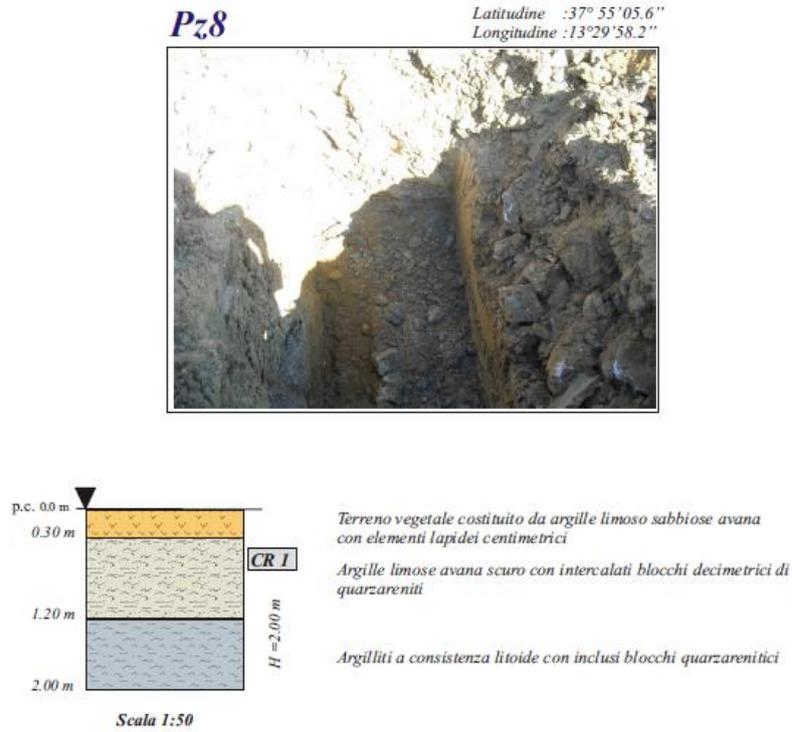


Figura 3:Stratigrafia del pozzetto Pz8 (Indagini PD e PEA).

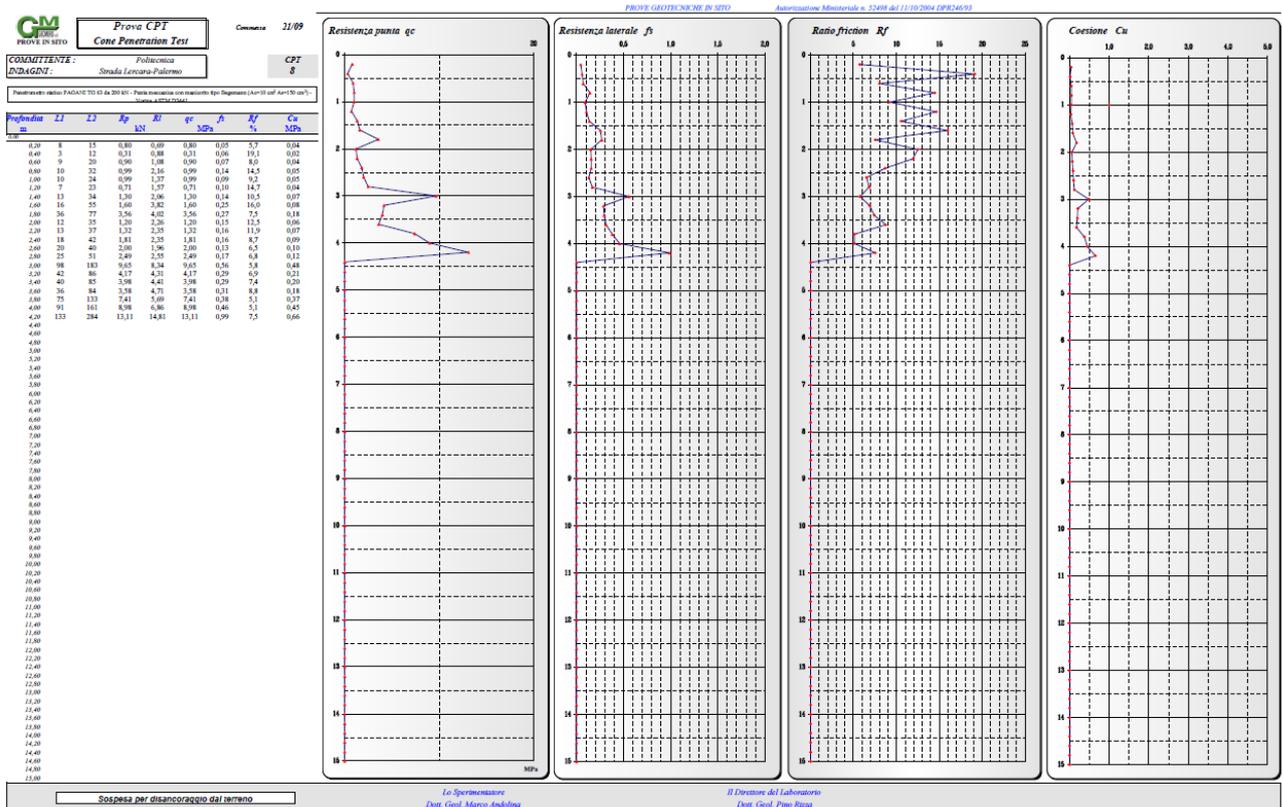


Figura 4:Diagrammi penetrometrici CPT8 (Indagini PD e PEA).

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica

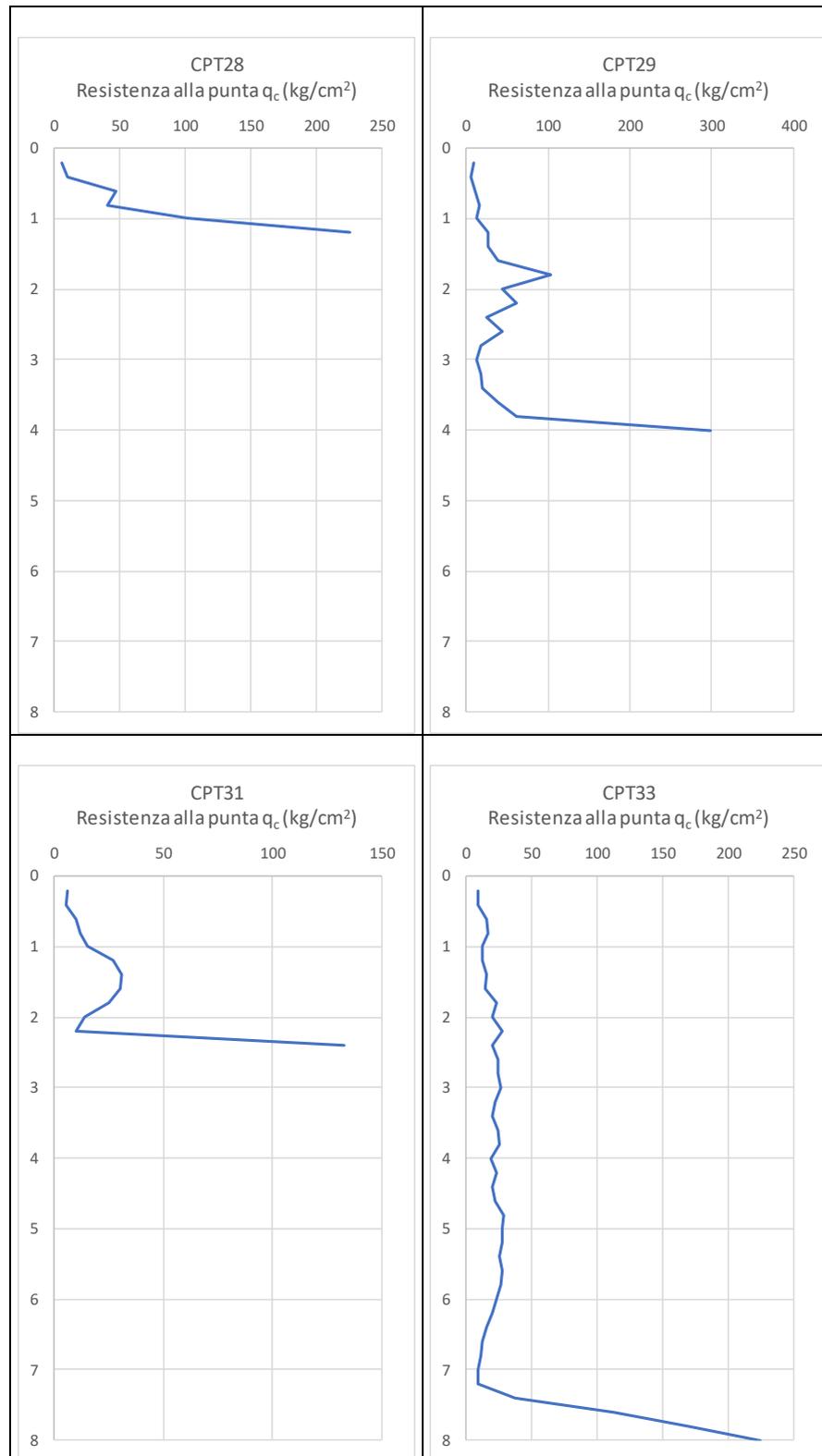


Figura 5: Diagrammi penetrometrici delle prove CPT (Indagini integrative).

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica

Scala (m)	Litologia	Descrizione litologica	Spessore dello strato	% carotaggio	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Falda
1	Limi argillosi bruno nerastri, con sporadici ciottoli a spigoli vivi, mediamente consistenti		3.00	% C=100		4				
2										
3	limo argilloso-sabbioso di colore giallo bruno con bande di colore grigiastre di spessore millimetrico verso con sporadici elementi litici di dimensioni mill.; mediamente consistenti		1.20	% C=100		4				4.20
4										
5	Sabbie limose con ciottoli arrotondati tra 4,20m e 4,60m, di colore giallastre.		0.80	% C=80						

Figura 6: Stratigrafia del pozzetto Pz13_15b (Indagini integrative).

Scala (m)	Litologia	Descrizione litologica	Spessore dello strato	% carotaggio	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Falda
1	Limi argillosi bruno nerastri, con sporadici ciottoli a spigoli vivi, mediamente consistenti		2.40	% C=100		2				
2										
3	Sabbie poco limose e poco addensate di colore giallo tabacco.		1.80	% C=80		3.00	8			
4										
5	Argille limose di colore grigio mediamente consistenti.		0.80	% C=100						

Figura 7: Stratigrafia del pozzetto Pz14_15b (Indagini integrative).

5.2 PROVE DI LABORATORIO

Al fine di caratterizzare del punto di vista geotecnico i terreni, i campioni indisturbati prelevati durante la campagna indagine integrativa dai sondaggi PZ13_15b e PZ14_15b, sono stati sottoposti a prove di laboratorio. Nella seguente tabella sono riassunte le prove di laboratorio effettuate.

Tabella 1: Elenco prove di laboratorio effettuate.

	Caratteristiche fisiche	Analisi granulometrica	Limiti di Atterberg
PZ13_15b	X	X	X
PZ14_15b	X	X	X

6 NUOVI ELEMENTI CONOSCITIVI EMERSI IN CORSO D’OPERA

Durante i recenti scavi di ammorsamento del rilevato eseguiti nel tratto di strada fra le sezioni 279 e 325, tra lo svincolo di Ciminna e lo svincolo Baucina, lungo tutta la porzione di versante interferita dall’infrastruttura e posta in prossimità del fondovalle sono state osservate in più punti evidenze di considerevoli e importanti interventi manutentivi eseguiti da ANAS in passato, verosimilmente a seguito di fenomeni deformativi che hanno coinvolto, più volte, il corpo stradale.

In particolare, nel tratto in prossimità della sezione 282 gli scavi eseguiti hanno messo in luce i sostegni delle vecchie barriere stradali, nonché la vecchia pavimentazione, “annegati” nelle successive imponenti ricariche di materiale da rilevato eseguite nel corso degli anni dall’Ente Gestore (Fig. 1). In altre zone sono presenti spessori considerevoli di conglomerato bituminoso, che diventano addirittura abnormi in prossimità della sez. 288 (Fig. 2).



Fig. 1. Sezione stradale n.282 - sostegni delle vecchie barriere stradali e vecchia pavimentazione ricoperti da successive ricariche di materiale da rilevato.

La constatazione di tali interventi manutentivi di carattere straordinario che si sono susseguiti negli anni passati denuncia forti anomalie di stabilità del corpo stradale e aggravano in generale il quadro conoscitivo dell’area, denotando la presenza di diffusi fenomeni deformativi di tipo da movimenti franosi di tipo roto-traslativo che hanno coinvolto in passato il corpo stradale e di cui fino ad ora non si aveva evidenza né testimonianza alcuna.



Fig. 2. Sezione stradale n.288 – abnorme spessore di conglomerato bituminoso che testimonia le ripetute ricariche di asfalto eseguite nel tempo.

In base a quanto rilevato durante gli scavi risultano abbassamenti massimi della pavimentazione stradale di circa 2.0 m per cui è ragionevole, considerata le modeste pendenze del terreno ($7\div 8^\circ$) e in base alle risultanze delle indagini integrative, che lo spessore di terreno instabile coinvolto sia dello stesso ordine di grandezza (mediamente $2\div 3$ m).

Alla luce di queste nuove evidenze osservate sul tratto di strada interessato dalle opere OS134 e OS135 e considerato che il sedime dell'opera in progetto si colloca in adiacenza e prosecuzione del tratto di strada interessato dai suddetti dissesti, in un contesto geologico e geomorfologico analogo a quello del tratto interessato dalle evidenze di dissesto rinvenute, si è reso necessario riconsiderare le condizioni di equilibrio geomorfologico dell'area rispetto a quelle precedentemente definite in ambito di PEA e provvedere ad una progettazione che tenga conto delle criticità palesatesi.

Per questo motivo, al fine di non alterare i precari equilibri geostatici dell'area la progettazione si è indirizzata verso una soluzione che consenta di trasferire i carichi e le azioni in profondità, prevedendo una soluzione in viadotto (Viadotto Baucina -V7) in luogo dell'originario rilevato che costituiva la Rampa 1 dello svincolo di Baucina.

7 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI

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

7.1 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Per l'area in esame sono disponibili le prove penetrometriche statiche CPT28, CPT 29, CPT31 e CPT33.

In Figura 8 si riporta l'andamento della resistenza alla punta, q_c , per le prove penetrometriche statiche.

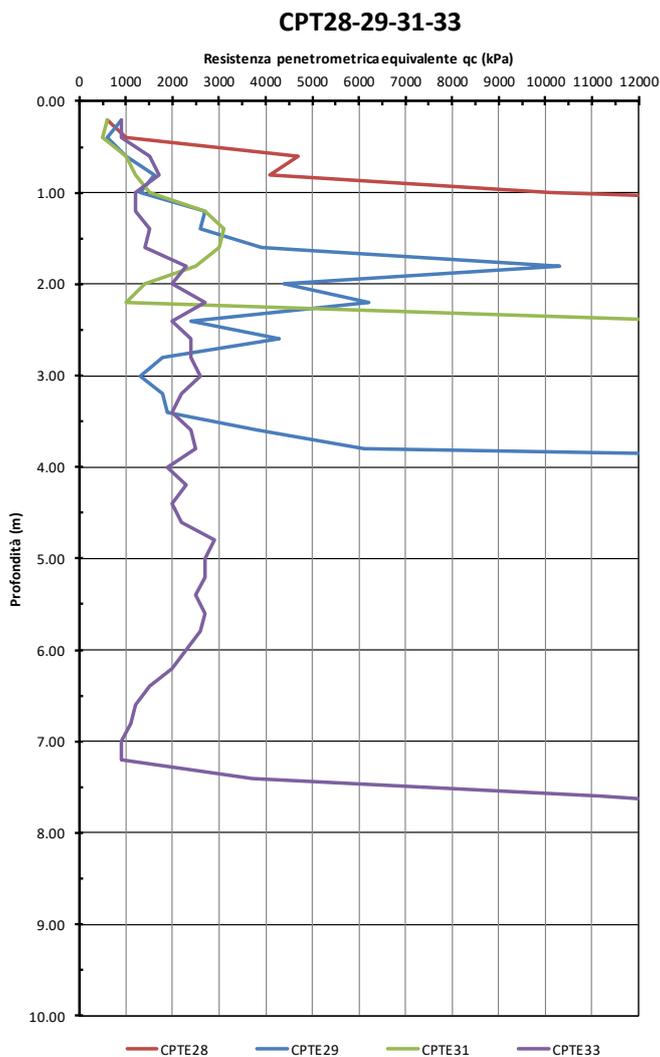


Figura 8: Resistenza alla punta, q_c .

7.1.1 Caratteristiche di resistenza in termini di coesione non drenata

La resistenza a taglio non drenata è stata desunta dalla resistenza di punta:

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

essendo:

N_k = 15 coefficiente di capacità portante;

σ_{vo} = pressione verticale totale;

q_c = resistenza alla punta.

I diagrammi di Figura 9 riportano i valori di c_u così stimati.

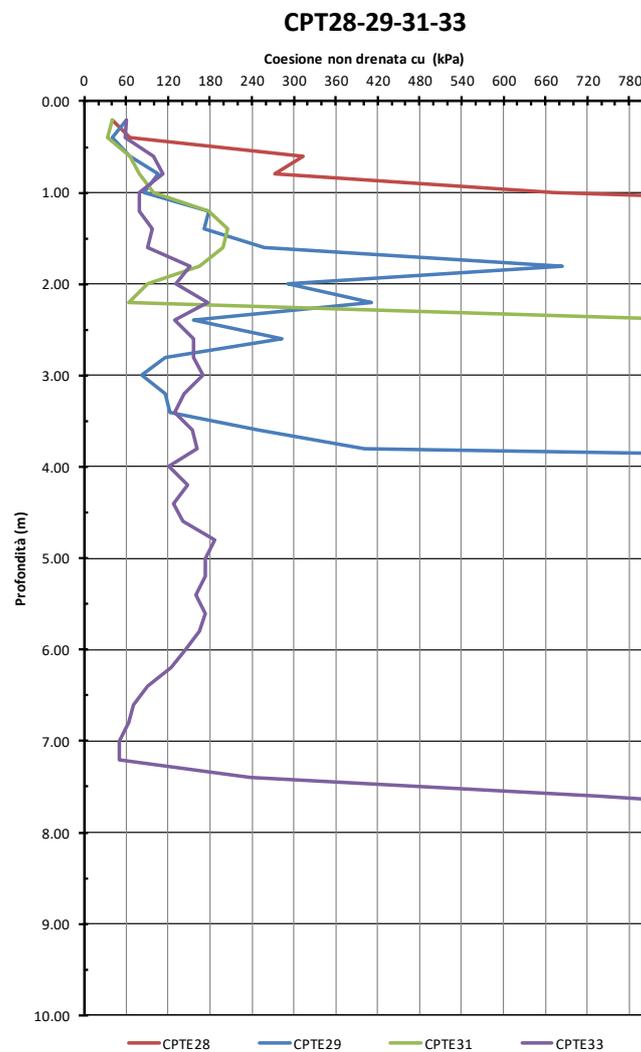


Figura 9: Coesione non drenata c_u

7.1.2 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):

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

con:

$$\alpha = 6.$$

I diagrammi di Figura 10 riportano i valori di E così stimati.

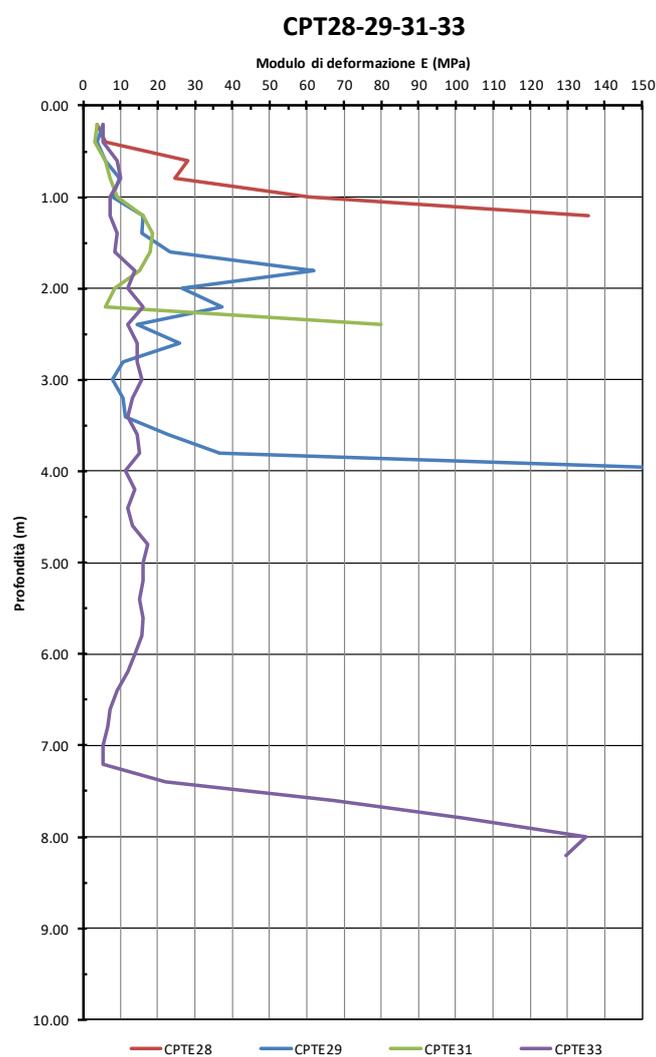


Figura 10: Modulo di deformazione E.

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica

7.2 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DI LABORATORIO

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati delle prove di laboratorio effettuate per i campioni indisturbati prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi PZ13_15b e PZ14_15b.

Tabella 2: Risultati prove di laboratorio.

Son.	Camp.	Prof. [m]	Caratteristiche fisiche - parte 1									Caratteristiche fisiche - parte 2							Granulometria				
			W [%]	γ kN/m ³	γ_s kN/m ³	G_s kN/m ³	n %	e -	Sr %	w _L %	w _p %	w _r %	PI %	IC -	CF %	Attività	CaCO ₃ %	Sost. Org.	Class.	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
PZ13_15b	C1	3.20	14.54	20.31	17.73	25.963	31.70	0.464	81.32	44	17	-	27	1.09	-	-	-	-	A 7-6	41.13	23.62	19.63	15.88
PZ14_15b	C1	3.20	15.53	20.06	17.36	25.991	33.19	0.497	81.24	28	19	-	9	1.39	-	-	-	-	A 2-4	16.93	51.14	24.24	7.69

7.3 UNITA' STRATIGRAFICHE

Sulla base delle indagini eseguite si individuano le seguenti unità stratigrafiche:

- **Unità LSA(a-1):** coltre superficiale eluvio-colluviale di consistenza molle ($q_c \leq 900$ kPa) costituita prevalentemente da limi e argille.
- **Unità LSA(a-2):** coltre eluvio-colluviale di bassa consistenza (900 kPa < $q_c \leq 1800$ kPa) costituita prevalentemente da limi e argille.
- **Unità LSA:** Limi sabbiosi argillosi moderatamente consistenti (1800 kPa < $q_c \leq 3000$ kPa).
- **Unità AG:** Argille limose grigie. Si tratta di argille limose grigie a struttura scagliettata con inclusi elementi lapidei, da consistenti a molto consistenti ($q_c > 3000$ kPa), talvolta con intercalati livelli sabbiosi e/o livelli, strati di argilliti a consistenza pseudo-litoide.
- **Depositi alluvionali di conoide:** alternanze di sabbie limose e argille limose con intercalazioni di ghiaia subarrotondata, sovrastanti la locale formazione di substrato.

In Figura 11 si riporta il profilo stratigrafico di riferimento lungo l'asse del viadotto.

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica

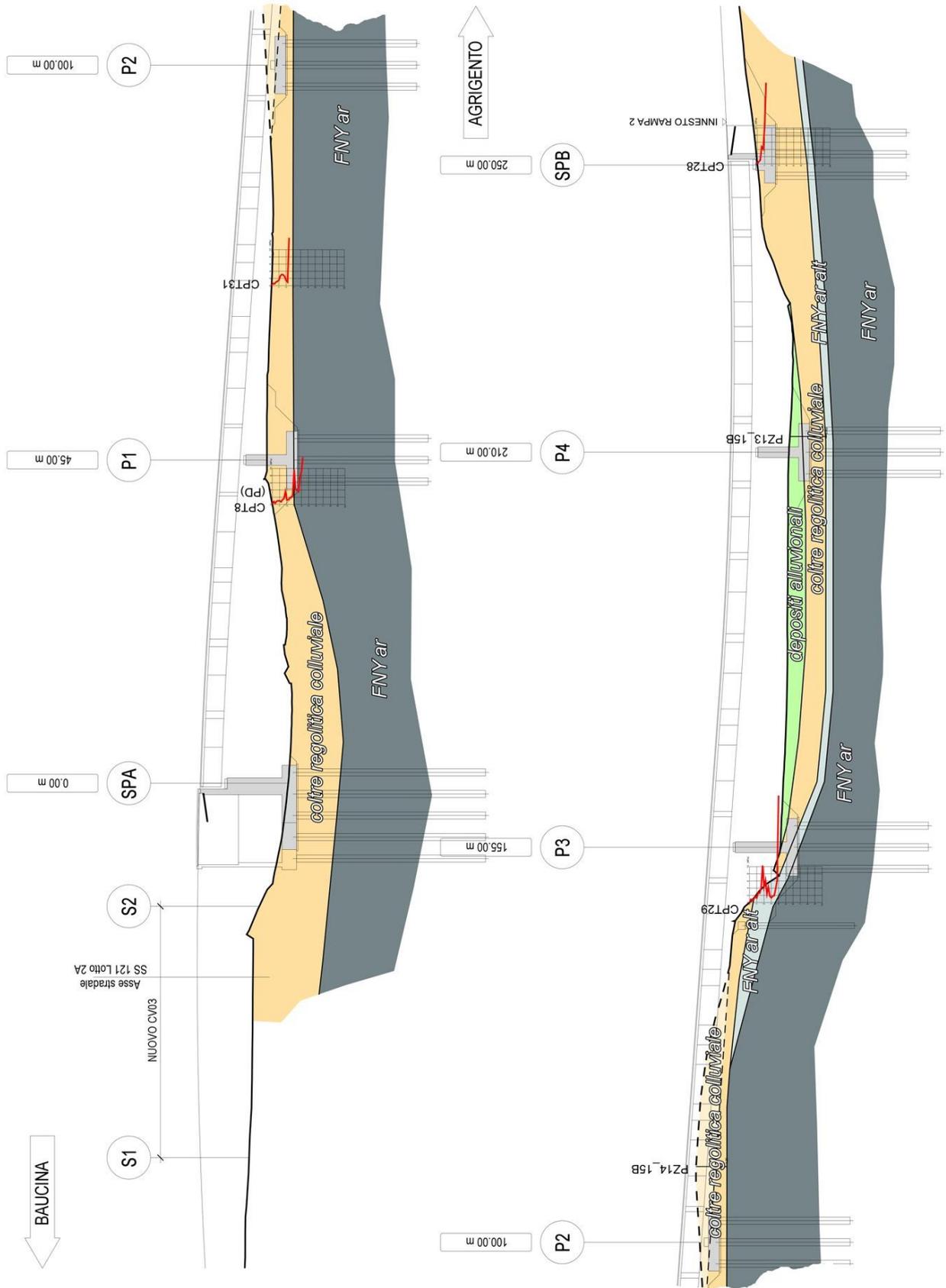
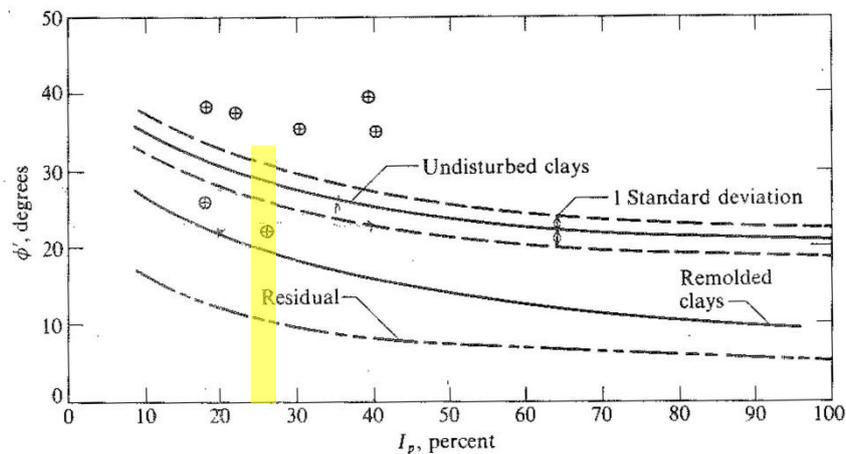


Figura 11: Profilo stratigrafico.

Nella Tabella 3 si riportano per le diverse unità i parametri geotecnici di riferimento.

È da osservare che i parametri di resistenza a taglio indicati per la coltre sono in linea con la correlazione proposta da Ladd et al. (1977) di cui alla Figura 12 considerando che l'indice plastico è mediamente 25÷30. Il valore di Indice Plastico (IP) determinato dalle prove in laboratorio eseguite sul campione prelevato da PZ13_15b risulta confermare i valori medi adottati; mentre il valore determinato nel campione relativo al PZ14_15b risulta essere inferiore in quanto si suppone sia stato effettuato su una parte maggiormente limosa-sabbiosa dello stesso.



Correlation between ϕ' 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 12: Correlazione fra angolo di resistenza a taglio e indice plastico.

Tabella 3: Parametri geotecnici, caratteristici per quanto concerne quelli di resistenza al taglio.

Unità	γ (kN/m ³)	ϕ'_k (°)	c'_k (kPa)	c_{uk} (kPa)	E' (MPa)
LSA(a-1)	20	20	0	50	10
LSA(a-2)	20	22	2	60÷120	15
LSA	20	24	5	120÷200	20
Depositi alluvionali	20.0	24.0	0	60	20
AG	20.5	26	10÷15	200+10* δz ≤ 400	30+1.5* δz ≤ 80
Rilevato nuovo	20	38	0		50

7.3.1 Falda di progetto

Relativamente agli aspetti idrogeologici, si segnala che, essendo l'opera localizzata in prossimità del fondovalle, dove è presente una copertura alluvionale del T. Buffa, ai fini della progettazione si deve tener conto di una falda libera che interessa tutto lo spessore dei depositi terrazzati, il cui livello è sostanzialmente influenzato e regolato dal regime idraulico del T. Buffa.

Tale falda è soggetta a forti escursioni stagionali in funzione della piovosità, potendo pertanto giungere, in concomitanza a periodi piovosi intensi e prolungati, in prossimità del piano campagna (0.5 m÷1.0 m), come osservato durante sopralluoghi effettuati tra il mese di Febbraio e Marzo 2015.

8 CONFRONTO TRA LA STRATIGRAFIA DI PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO E LA STRATIGRAFIA DI PERIZIA DI VARIANTE

Le indagini integrative eseguite, unitamente ai nuovi elementi conoscitivi emersi in corso d'opera, hanno permesso di aggiornare e ridefinire, per l'opera in esame, il modello geologico-geotecnico rispetto al quadro stratigrafico e geotecnico delineato in sede di PEA. In particolare, in ambito di progettazione esecutiva il complesso delle indagini disponibili aveva permesso l'individuazione e la caratterizzazione geotecnica delle seguenti unità litologiche:

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

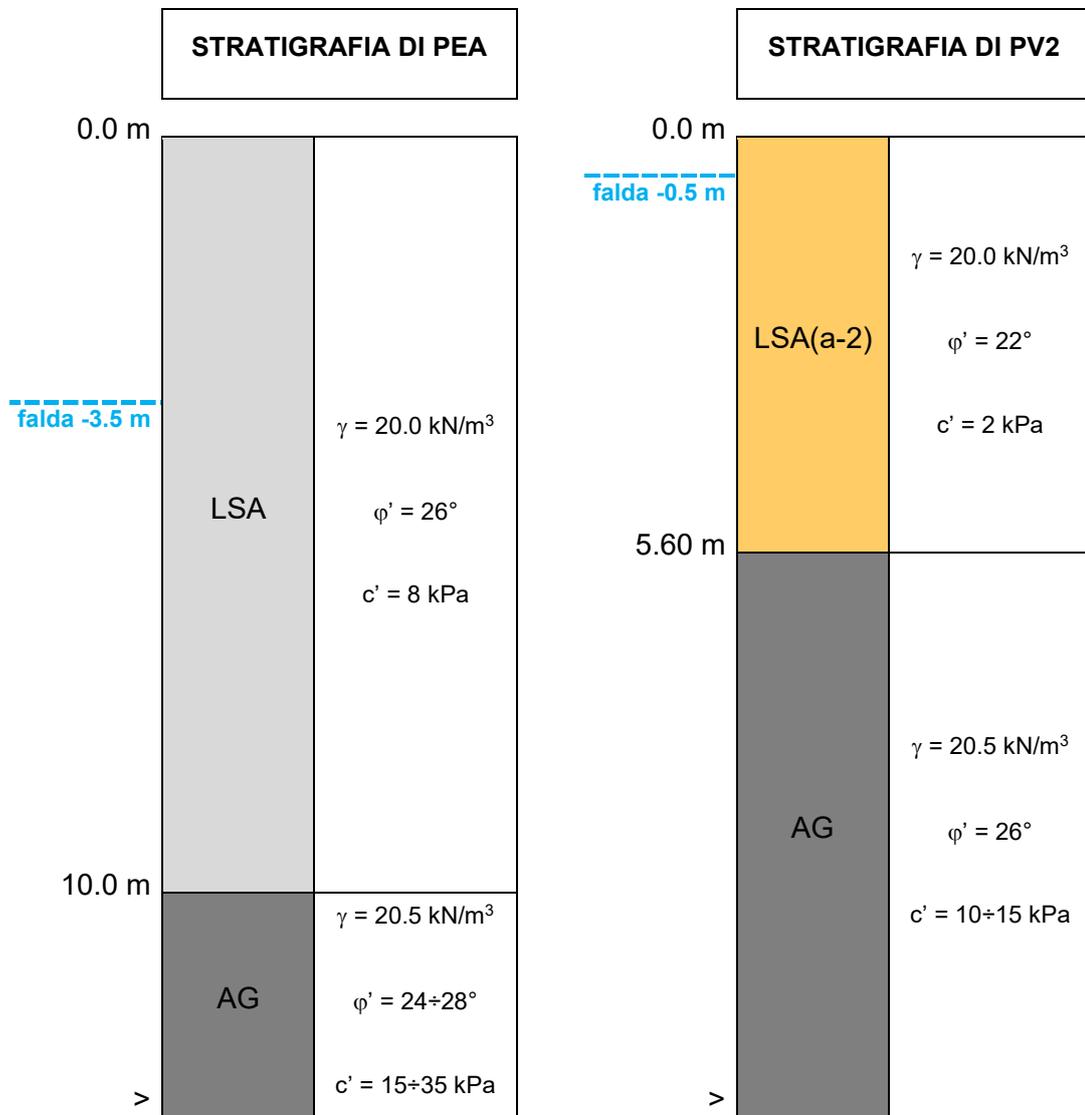
Sulla base invece delle nuove informazioni stratigrafiche disponibili è stato possibile dettagliare meglio la porzione sommitale dell'unità LSA, che presenta una copertura eluvio-colluviale con basse caratteristiche meccaniche, a comportamento rigonfiante e sensibile alle condizioni climatiche. In particolare, nell'area di sedime dell'opera, sono individuabili le seguenti unità:

- **Unità LSA(a-1):** coltre superficiale eluvio-colluviale argilloso-limosa di consistenza molle.
- **Unità LSA(a-2):** coltre eluvio-colluviale argilloso-limosa di bassa consistenza
- **Unità LSA:** Limi sabbiosi argillosi moderatamente consistenti
- **Unità AG:** Argille limose grigie a struttura scagliettata, da consistenti a molto consistenti.
- **Depositi alluvionali di conoide:** alternanze di sabbie limose e argille limose con intercalazioni di ghiaia subarrotondata, sovrastanti la locale formazione di substrato

Di seguito si riporta un confronto tabellare delle stratigrafie e dei parametri geotecnici di riferimento definiti nelle due differenti fasi progettuali.

Avendo l'opera uno sviluppo lineare importante ed essendo le condizioni stratigrafiche piuttosto variabili lungo il suo tracciato, il confronto stratigrafico viene eseguito in riferimento alla sezione di progetto 21.A dell'opera in terra rinforzata di PEA OS83, originariamente prevista in luogo dell'attuale viadotto V7.

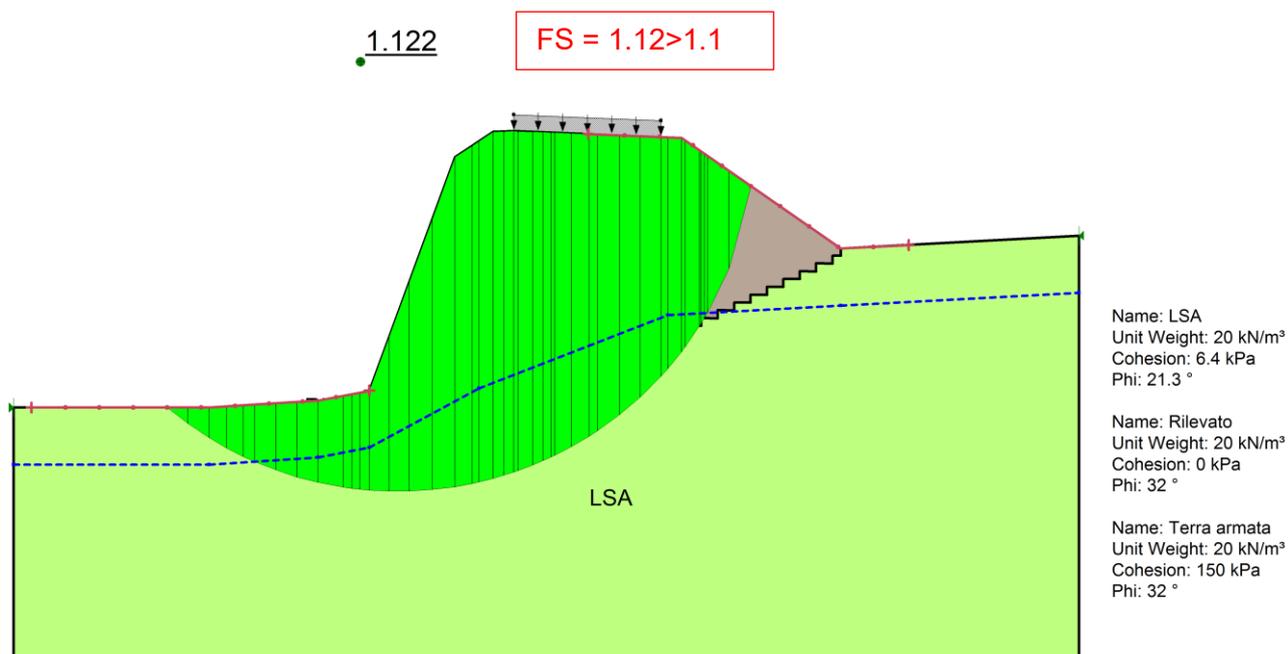
Tale sezione risulta essere infatti, per le altezze massime di rilevato, una delle più significative ai fini del dimensionamento geotecnico delle opere.



Confronto schematico tra la stratigrafia di riferimento definita in ambito di PEA e quella di PV2

9 EFFETTI DELLA NUOVA STRATIGRAFIA SULLA STABILITÀ

Nella figura sottostante si riportano gli esiti di una verifica di stabilità globale relativa alla soluzione progettuale di PEA, in riferimento alla sezione di progetto 21.A dell'opera OS83. La verifica di stabilità secondo l'Approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2) condotta in riferimento alla stratigrafia e alla caratterizzazione geotecnica definite in tale ambito progettuale, evidenzia il soddisfacimento dei requisiti previsti da Normativa in termini di sicurezza nei confronti della stabilità globale. Il coefficiente di sicurezza $FS = 1.12$ è superiore al valore minimo da normativa $FS = 1.1 = \gamma_{R2}$.



OS83 - Verifica di stabilità – condizioni statiche (stratigrafia di PEA)

La stessa verifica è stata condotta in riferimento alla nuova stratigrafia definita a valle delle campagne di indagine integrative e ai nuovi criteri adottati in termini di parametri geotecnici e livelli di falda.

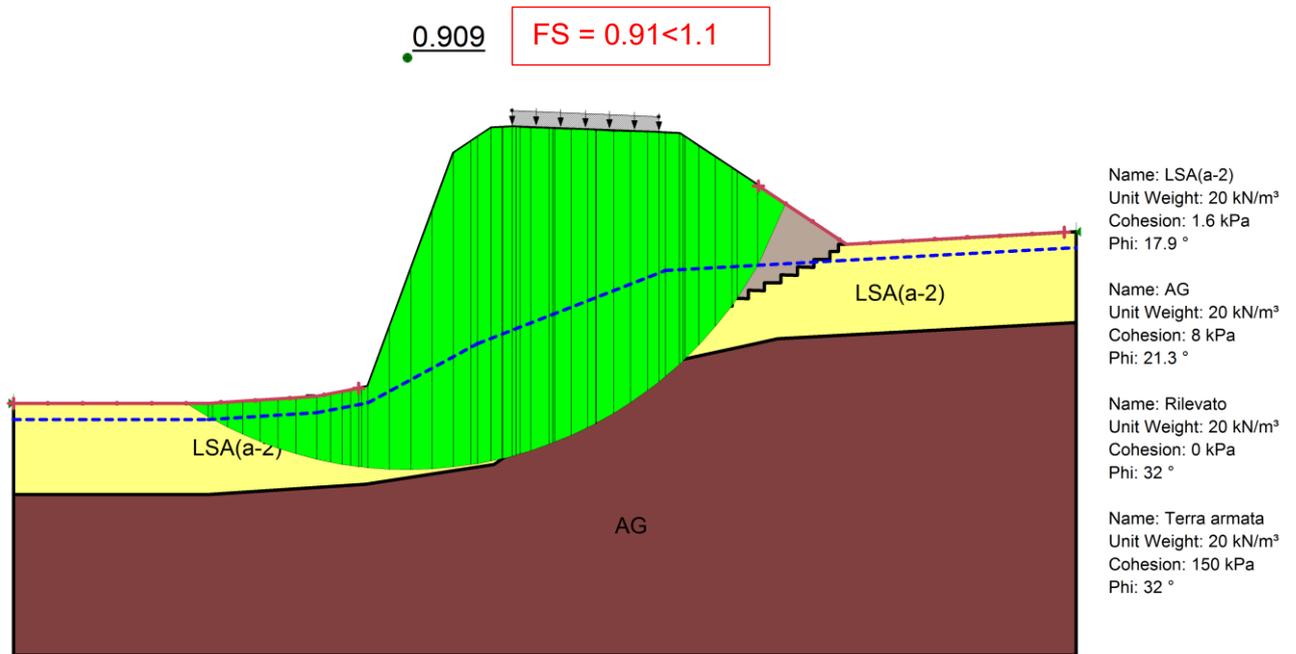
Come mostra la figura sottostante, in tali nuove condizioni la verifica di stabilità non risulta più soddisfatta, essendo il coefficiente di sicurezza $FS = 0.91$, inferiore al valore minimo da normativa

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica

$FS=1.1=\gamma_{R2}$. Pertanto, la configurazione progettuale di PEA non soddisfa più i requisiti prestazionali in termini di sicurezza e durabilità previsti dalla normativa vigente.



OS83 - Verifica di stabilità – condizioni statiche (stratigrafia di PV2)

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica

10 APPENDICE 1: RAPPORTO TECNICO DI PROVA SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE EFFETTUATE, REDATTO DALLA SOCIETÀ L&R, LABORATORI E RICERCHE S.R.L.



BOLOGNETTA S.C.P.A.

AFFIDAMENTO A CONTRAENTE GENERALE DEL "LAVORI DI AMMODERNAMENTO DEL TRATTO PALERMO-LERCARA FRIDDI, LOTTO FUNZIONALE DAL KM 14,4 (KM 0,0 ITINERARIO PALERMO-AGRIGENTO. 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

PROVE CPT



RAPPORTO TECNICO DI PROVA

REV.	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	REDATTO PREP'D	CONTR. CHK'D	APPR. APPR'D	COMM.-JOB:
0	Rapporto di prova	Dott. Antonino Arlagna	Dott. Benedetto Spanò	Dott. Benedetto Spanò	RDP n° COMMESSA:

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica



SCHEDA RIEPILOGATIVA DELL'INDAGINE PENETROMETRICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	CPT	X	CPTU	CPTU + DISSIPAZIONE		
Nome prova	CPT28					
Rapporto di prova n.	-					
Ubicazione	VEDI PLANIMETRIA ALLEGATA					
Strumento utilizzato	PENETROMETRO STATICO PAGANI TG 63-200 STATICO					
Operatore	Dott. Geol. A. Ardagna - Dott. Geol. A. Mendolia					
Data Esecuzione Prove	03/02/2016					
Profondità raggiunta	1.40 m p.c.					
Eseguito prescavo esplorativo	no					
Rifiuto oltre profondità di penetrazione ultima	si					
Ancoraggio strumento	Aste elicoidali – ancoraggio 1.00 metri p.c.					
Punta utilizzata	Punta Begemann					
Sistema di lettura	Manuale					
Programma utilizzato per acquisizione	-					
Programma utilizzato per elaborazione dati	Static probing- Geostru software					
Allegati al presente documento	CPT28					



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

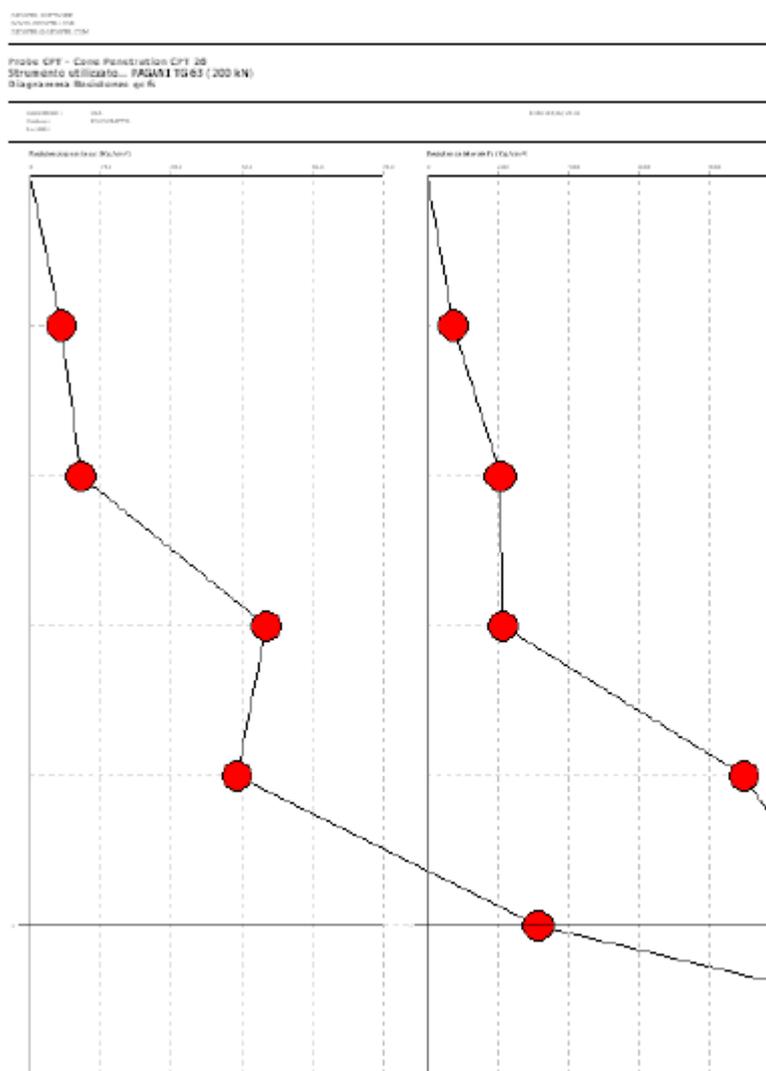
V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica



PROVA ...CPT 28

Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data 03/02/2016
 Profondità prova 1.20 mt

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm ²)	Letture laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qc x 100 (Schmertmann)
0.20	6.0	13.0	6.0	0.73	8.22	12.17
0.40	10.0	21.0	10.0	2.07	4.83	20.7
0.60	47.0	78.0	47.0	2.13	22.07	4.53
0.80	41.0	73.0	41.0	9.0	4.56	21.95
1.00	101.0	236.0	101.0	11.87	8.51	11.75
1.20	226.0	404.0	226.0	0.0		0.0



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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica



SCHEDA RIEPILOGATIVA DELL'INDAGINE PENETROMETRICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	CPT	X	CPTU	CPTU + DISSIPAZIONE		
Nome prova	CPT29					
Rapporto di prova n.	-					
Ubicazione	VEDI PLANIMETRIA ALLEGATA					
Strumento utilizzato	PENETROMETRO STATICO PAGANI TG 63-200 STATICO					
Operatore	Dott. Geol. A. Ardagna - Dott. Geol. A. Mendolia					
Data Esecuzione Prove	03/02/2016					
Profondità raggiunta	4,20 m p.c.					
Eseguito prescavo esplorativo	no					
Rifiuto oltre profondità di penetrazione ultima	si					
Ancoraggio strumento	Aste elicoidali – ancoraggio 2.80 metri p.c.					
Punta utilizzata	Punta Begemann					
Sistema di lettura	Manuale					
Programma utilizzato per acquisizione	-					
Programma utilizzato per elaborazione dati	Static probing- Geostru software					
Allegati al presente documento	CPT29					



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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica



PROVA...CPT 29

Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data 03/02/2016
 Profondità prova 4.00 mt

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm ²)	Letture laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	9.0	21.0	9.0	0.47	19.15	5.22
0.40	6.0	13.0	6.0	0.27	22.22	4.5
0.60	10.0	14.0	10.0	1.27	7.87	12.7
0.80	16.0	35.0	16.0	1.2	13.33	7.5
1.00	13.0	31.0	13.0	1.73	7.51	13.31
1.20	27.0	53.0	27.0	2.87	9.41	10.63
1.40	26.0	69.0	26.0	3.6	7.22	13.85
1.60	39.0	93.0	39.0	5.8	6.72	14.87
1.80	103.0	190.0	103.0	3.2	32.19	3.11
2.00	44.0	92.0	44.0	2.87	15.33	6.52
2.20	62.0	105.0	62.0	4.73	13.11	7.63
2.40	24.0	95.0	24.0	1.67	14.37	6.96
2.60	43.0	68.0	43.0	4.0	10.75	9.3
2.80	18.0	78.0	18.0	1.13	15.93	6.28
3.00	13.0	30.0	13.0	3.33	3.9	25.62
3.20	18.0	68.0	18.0	1.2	15.0	6.67
3.40	19.0	37.0	19.0	0.73	26.03	3.84
3.60	38.0	49.0	38.0	5.07	7.5	13.34
3.80	61.0	137.0	61.0	9.27	6.58	15.2
4.00	298.0	437.0	298.0	0.0		0.0

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".

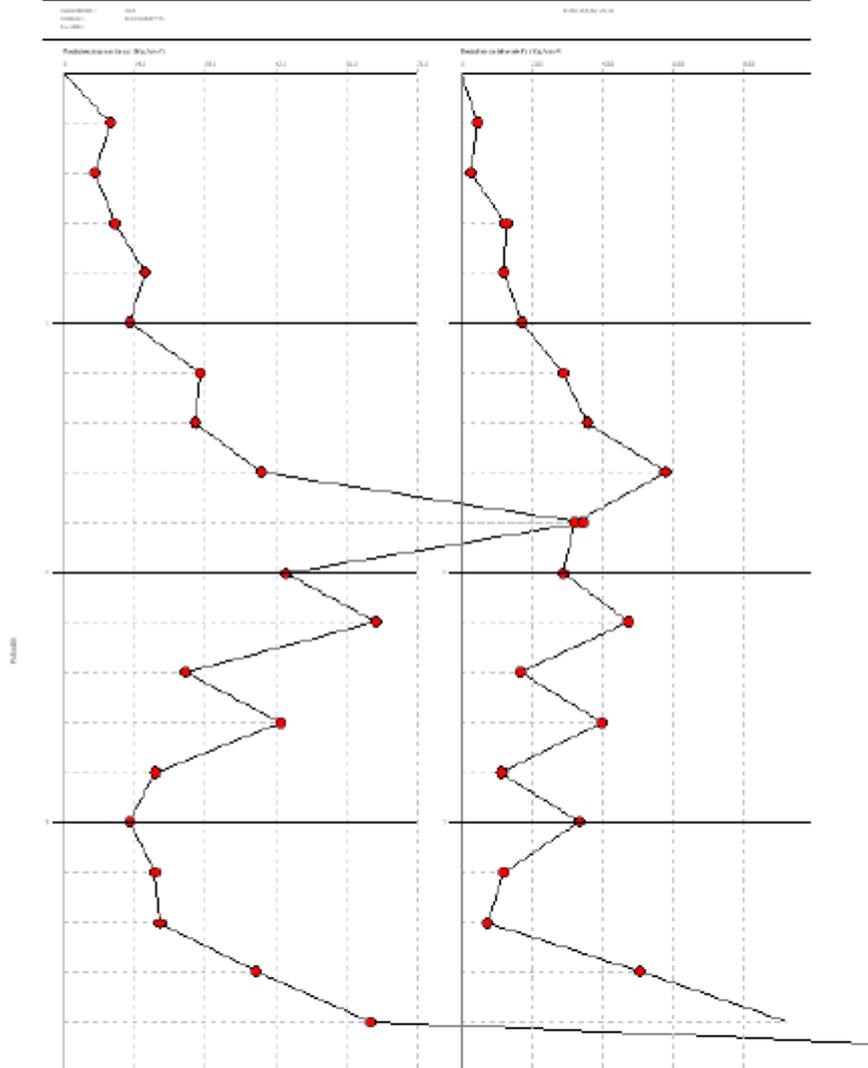
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica



LABORATORI E PROGETTAZIONE

Prova CPT - Cone Penetration Test 22
Strumento utilizzato: PAPAN TG 63 (200 kN)
Diagramma Risultato: qz 6



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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica



SCHEDA RIEPILOGATIVA DELL'INDAGINE PENETROMETRICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	CPT	X	CPTU	CPTU + DISSIPAZIONE		
Nome prova	CPT31					
Rapporto di prova n.	-					
Ubicazione	VEDI PLANIMETRIA ALLEGATA					
Strumento utilizzato	PENETROMETRO STATICO PAGANI TG 63-200 STATICO					
Operatore	Dott. Geol. A. Ardagna - Dott. Geol. A. Mendolia					
Data Esecuzione Prove	03/02/2016					
Profondità raggiunta	2,60 m p.c.					
Eseguito prescavo esplorativo	no					
Rifiuto oltre profondità di penetrazione ultima	si					
Ancoraggio strumento	Aste elicoidali – ancoraggio 1.40 metri p.c.					
Punta utilizzata	Punta Begemann					
Sistema di lettura	Manuale					
Programma utilizzato per acquisizione	-					
Programma utilizzato per elaborazione dati	Static probing- Geostru software					
Allegati al presente documento	CPT31					



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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica



PROVA ...CPT 31

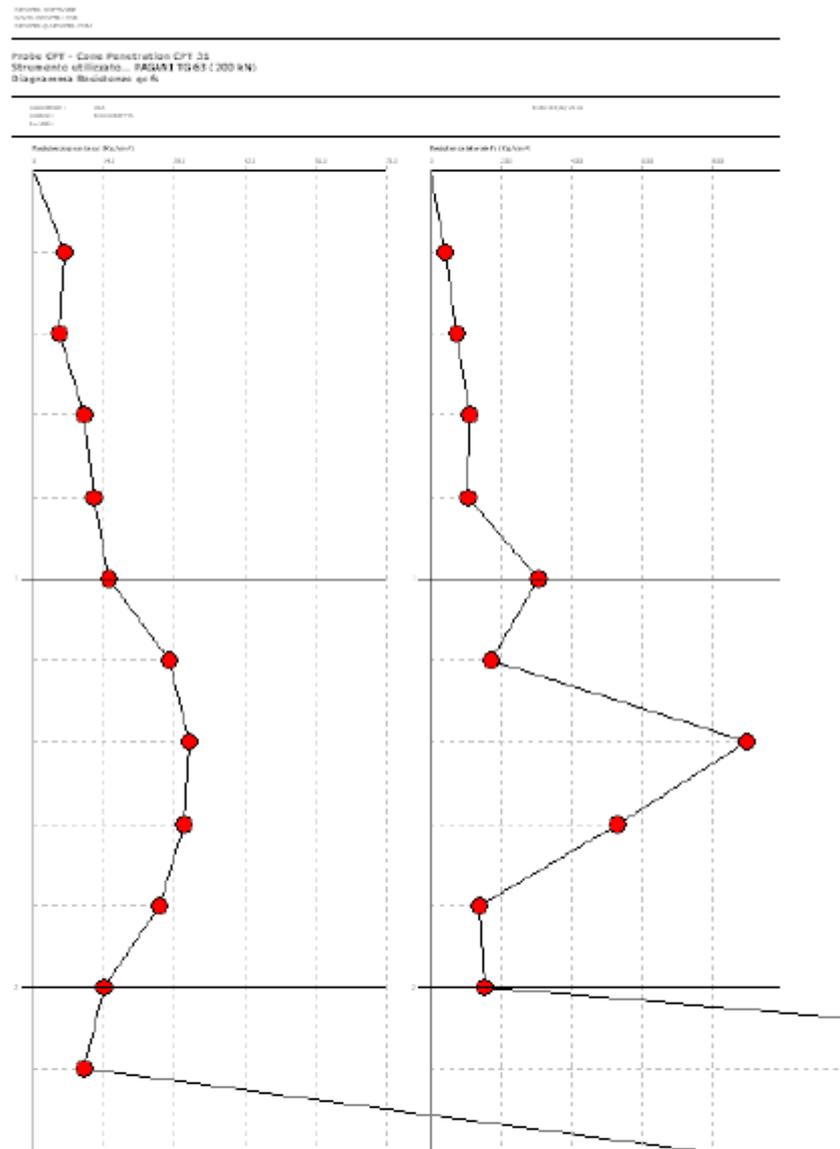
Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data 03/02/2016
 Profondità prova 2.40 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	qc/f _s Begemann	f _s /qcx100 (Schmertmann)
0.20	6.0	18.0	6.0	0.4	15.0	6.67
0.40	5.0	11.0	5.0	0.73	6.85	14.6
0.60	10.0	21.0	10.0	1.13	8.85	11.3
0.80	12.0	29.0	12.0	1.07	11.21	8.92
1.00	15.0	31.0	15.0	3.07	4.89	20.47
1.20	27.0	73.0	27.0	1.73	15.61	6.41
1.40	31.0	57.0	31.0	9.0	3.44	29.03
1.60	30.0	165.0	30.0	5.33	5.63	17.77
1.80	25.0	105.0	25.0	1.4	17.86	5.6
2.00	14.0	35.0	14.0	1.53	9.15	10.93
2.20	10.0	33.0	10.0	28.6	0.35	286.0
2.40	133.0	562.0	133.0	0.0		0.0

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica



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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica



SCHEDA RIEPILOGATIVA DELL'INDAGINE PENETROMETRICA ESEGUITA

Tipo Prosezione:	CPT	X	CPTU	CPTU + DISSIPAZIONE		
Nome prova	CPT33					
Rapporto di prova n.	-					
Ubicazione	VEDI PLANIMETRIA ALLEGATA					
Strumento utilizzato	PENETROMETRO STATICO PAGANI TG 63-200 STATICO					
Operatore	Dott. Geol. A. Ardagna - Dott. Geol. A. Mendolia					
Data Esecuzione Prove	03/02/2016					
Profondità raggiunta	8.40 m p.c.					
Eseguito prescavo esplorativo	no					
Rifiuto oltre profondità di penetrazione ultima	si					
Ancoraggio strumento	Aste elicoidali – ancoraggio 2.80 metri p.c.					
Punta utilizzata	Punta Begemann					
Sistema di lettura	Manuale					
Programma utilizzato per acquisizione	-					
Programma utilizzato per elaborazione dati	Static probing- Geostru software					
Allegati al presente documento	CPT33					



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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica



PROVA ...CPT 33

Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data 03/02/2016
 Profondità prova 8.20 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	9.0	13.0	9.0	0.4	22.5	4.44
0.40	9.0	15.0	9.0	1.47	6.12	16.33
0.60	15.0	37.0	15.0	1.53	9.8	10.2
0.80	17.0	40.0	17.0	1.73	9.83	10.18
1.00	12.0	38.0	12.0	1.13	10.62	9.42
1.20	12.0	29.0	12.0	1.07	11.21	8.92
1.40	15.0	31.0	15.0	1.27	11.81	8.47
1.60	14.0	33.0	14.0	0.93	15.05	6.64
1.80	23.0	37.0	23.0	1.4	16.43	6.09
2.00	20.0	41.0	20.0	1.33	15.04	6.65
2.20	27.0	47.0	27.0	0.87	31.03	3.22
2.40	20.0	33.0	20.0	1.0	20.0	5.0
2.60	24.0	39.0	24.0	1.47	16.33	6.13
2.80	24.0	46.0	24.0	1.4	17.14	5.83
3.00	26.0	47.0	26.0	1.4	18.57	5.38
3.20	22.0	43.0	22.0	1.27	17.32	5.77
3.40	20.0	39.0	20.0	1.13	17.7	5.65
3.60	24.0	41.0	24.0	1.33	18.05	5.54
3.80	25.0	45.0	25.0	1.4	17.86	5.6
4.00	19.0	40.0	19.0	1.0	19.0	5.26
4.20	23.0	38.0	23.0	1.6	14.38	6.96
4.40	20.0	44.0	20.0	1.47	13.61	7.35
4.60	22.0	44.0	22.0	1.33	16.54	6.05
4.80	29.0	49.0	29.0	1.67	17.37	5.76
5.00	27.0	52.0	27.0	1.8	15.0	6.67
5.20	27.0	54.0	27.0	1.8	15.0	6.67
5.40	25.0	52.0	25.0	1.6	15.63	6.4
5.60	27.0	51.0	27.0	1.53	17.65	5.67
5.80	26.0	49.0	26.0	1.53	16.99	5.88
6.00	23.0	46.0	23.0	1.2	19.17	5.22
6.20	20.0	38.0	20.0	1.2	16.67	6.0
6.40	15.0	33.0	15.0	0.87	17.24	5.8
6.60	12.0	25.0	12.0	0.87	13.79	7.25
6.80	11.0	24.0	11.0	0.67	16.42	6.09
7.00	9.0	19.0	9.0	1.53	5.88	17.0
7.20	9.0	32.0	9.0	7.0	1.29	77.78
7.40	37.0	142.0	37.0	8.2	4.51	22.16
7.60	112.0	235.0	112.0	8.6	13.02	7.68
7.80	170.0	299.0	170.0	11.73	14.49	6.9
8.00	225.0	401.0	225.0	14.07	15.99	6.25
8.20	216.0	427.0	216.0	0.0		0.0

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione geotecnica



LABORATORI E RICERCHE

Profilo CPT - Cone Penetration CPT 23
Strumento utilizzato... (SAGAMI TG 63 (200 kN))
Diagramma Resistenza q_t (kN/m²)

