

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

U.O. PRODUZIONE SUD E ISOLE

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS0T 00 D 78 RH GE0005 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Data
A	Emissione esecutiva	R.PICCIRILLO	FEB.2015	D.CAPUTO	FEB.2015		FEB.2015	ITALFERR	FEB.2015

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	6
4	INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE.....	7
4.1	CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL 2013.....	7
4.1.1	<i>Sondaggi</i> .....	7
4.1.2	<i>Indagini sismiche</i> .....	8
4.1.3	<i>Prove di laboratorio</i> .....	9
4.1.4	<i>Pocket penetrometer</i> .....	12
4.1.5	<i>Prove Lefranc</i> .....	14
4.2	CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL 2015.....	14
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	16
5.1	DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE.....	17
5.2	CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....	18
5.2.1	<i>Depositi incoerenti</i> .....	18
5.2.2	<i>Depositi coesivi</i> .....	20
5.3	UNITÀ BA – DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI.....	22
5.4	UNITÀ BB – DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI.....	23
5.5	UNITÀ AAC – ARGILLE MARNOSE GRIGIE.....	24
6	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	31
6.1	RISPOSTA SISMICA .....	31
6.2	LIQUEFAZIONE.....	36
7	RILEVATI .....	38
7.1	ANALISI DEI CEDIMENTI .....	38



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	3 di 102

7.2	PIANI DI POSA.....	39
7.3	ANALISI DI STABILITÀ .....	40
7.3.1	<i>Metodologie di calcolo</i> .....	40
7.3.2	<i>Risultati delle verifiche di stabilità</i> .....	42
<b>8</b>	<b>PONTE VALLONE PETROSO</b> .....	<b>45</b>
<b>8.1</b>	<b>METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE PALI</b> .....	<b>45</b>
8.1.1	<i>Analisi agli stati limite</i> .....	45
8.1.2	<i>Determinazione della resistenza di progetto a compressione</i> .....	47
8.1.3	<i>Determinazione della resistenza di progetto a trazione</i> .....	49
<b>8.2</b>	<b>VALUTAZIONE CAPACITÀ PORTANTE PALI</b> .....	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>APPENDICE A. ANALISI DEI CEDIMENTI. METODOLOGIE DI CALCOLO E TABULATI DI CALCOLO CED55</b>	
9.1	METODOLOGIE DI CALCOLO .....	55
9.2	CEDIMENTI TOTALI .....	59
9.3	CEDIMENTI IMMEDIATI.....	62
<b>10</b>	<b>APPENDICE B. VERIFICHE DI STABILITÀ. METODOLOGIE DI CALCOLO E TABULATI DI CALCOLO PCSTABL</b> .....	<b>65</b>
10.1	METODOLOGIE DI CALCOLO .....	65
10.2	ANALISI STATICA SLU .....	67
10.3	ANALISI SISMICA SLU.....	72
<b>11</b>	<b>APPENDICE C. VALUTAZIONE CAPACITÀ PORTANTE PALI. METODOLOGIE DI CALCOLO PAL</b> .....	<b>78</b>
11.1	PORTANZA PALO D=1000 MM – SLU COMPRESSIONE.....	78
11.2	PORTANZA PALO D=1000 MM – SLU TRAZIONE .....	85
11.3	PORTANZA PALO D=1200 MM – SLU COMPRESSIONE.....	91
11.4	PORTANZA PALO D=1200 MM – SLU TRAZIONE .....	97

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RSOT	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

## 1 PREMESSA

Nel presente documento si riporta la caratterizzazione geotecnica relativa al Progetto Definitivo della Nuova Viabilità NI10 prevista circa al km 13+000 della Linea Ferroviaria Messina – Catania – Palermo, nella tratta Catenanuova – Raddusa Agira.

La caratterizzazione geotecnica generale dei terreni lungo il tracciato della viabilità in oggetto, viene svolta sulla base:

- di un'elaborazione ed interpretazione dei risultati di indagini in sito e laboratorio ad oggi disponibili su tutta la linea FS Catenanuova – Raddusa Agira per le unità geotecniche direttamente interessate nella viabilità NI10;
- degli studi di carattere geologico ed idrogeologico disponibili.

Il tracciato della viabilità in progetto, dalla progressiva chilometrica 0+000 a 0+615, più il ramo della viabilità del cimitero, si sviluppa prevalentemente in rilevato, con altezze massime di rilevato di 4.5 m circa. L'opera d'arte principale è costituita da un ponte per lo scavalco del Vallone Petroso, tra le progressive chilometriche 0+580 e 0+600 circa.

In particolare nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti:

- breve inquadramento geologico, morfologico e idrogeologico;
- descrizione delle indagini geotecniche eseguite in sito ed in laboratorio;
- rilievo del livello di falda;
- descrizione dei criteri in base ai quali sono stati interpretati i risultati delle indagini geotecniche effettuate;
- interpretazione dei risultati delle indagini geotecniche e definizione dei parametri geotecnici, in termini di proprietà fisiche e meccaniche (resistenza al taglio e deformabilità), per le unità geotecniche intercettate lungo la viabilità;
- classificazione sismica del sito;
- valutazione dei cedimenti dei rilevati e del loro decorso nel tempo; verifiche di stabilità scarpate dei rilevati; piani di posa;
- Fondazioni ponte: scelta tipologica di fondazione e valutazione capacità portante dei pali.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS0T	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> D78 RH	<b>DOCUMENTO</b> GE0005001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 5 di 102

## 2 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### 2.1 **Normativa di riferimento**

La presente relazione è stata redatta in conformità alla seguente normativa:

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- DM 6/5/2008 – Integrazione al D.M. 14-01-2008 di approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Specifica RFI del 21/12/11 per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie.

### 2.2 **Documenti di riferimento**

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti documenti.

- D.1. RS0T 00 D 69 RG GE0001 001 A – Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo. Nuovo collegamento Palermo-Catania. Progetto Definitivo. Raddoppio della tratta Catenanuova – Raddusa Agira Nuova viabilità al km 13+000 – Relazione geologica. Febbraio 2015.
- D.2. RS0T 00 D 69 G5 GE0001 001 A – Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo. Nuovo collegamento Palermo-Catania. Progetto Definitivo. Raddoppio della tratta Catenanuova – Raddusa Agira Nuova viabilità al km 13+000 – Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico (scala 1:5000). Febbraio 2015.
- D.3. RSJ1 02 R 78 RH GE0005 003 B – Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo. Nuovo collegamento Palermo-Catania. Progetto Preliminare. Raddoppio della tratta Catenanuova – Raddusa Agira. Relazione geotecnica zona 3. Novembre 2013.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

La nuova viabilità in progetto, denominata NI10, è localizzata circa al km 13+000 della tratta ferroviaria Catenanuova-Raddusa Agira e interessa il territorio comunale di Catenanuova in provincia di Enna (EN).

L'area si trova in sinistra idrografica del fiume Dittaino e impegna un piccolo settore di territorio posto a quote comprese fra +130 e +153 m s.l.m. circa. Dal punto di vista morfologico l'area è caratterizzata dalla presenza di un ampio settore sub-pianeggiante riconducibile alla piana alluvionale delle media valle del fiume Dittaino.

La successione stratigrafica lungo il tracciato ferroviario e in generale nell'area in esame è caratterizzata dalla presenza dal basso verso l'alto di:

- **unità Ionidi**: successioni meso-cenozoiche che in particolare sono rappresentate da:

- **Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova (AAC)**. Questi terreni rappresentano il substrato dell'area in esame. Si tratta di argille limose e argille marnose con frequenti livelli di sabbie limose passaggi di marne argillose e locali intercalazioni di arenarie.

- **depositi continentali quaternari**: formati da sedimenti clastici plistocenici e olocenici di genesi detritico-colluviale, alluvionale e lacustre:

- **Depositi alluvionali terrazzati (bn)**: ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa.
- **Depositi alluvionali recenti (bb)**: argille limose e limi argillosi sabbiosi con locali livelli sabbiosi e rare ghiaie.
- **Depositi alluvionali attuali (ba)**: ghiaie in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa.
- **Depositi palustri (e)**: argille limose e limi argillosi con abbondante frazione organica e intercalazioni limose, limoso sabbiose.
- **Depositi eluvio-colluviali (b2)**: limi argilloso-sabbiosi con resti vegetali e frequenti ghiaie e ciottoli .

Dal punto di vista geologico, la nuova viabilità ricade poco a nord dell'alveo attuale del fiume Dittaino, al margine dei settori di piana alluvionale recente. Quindi l'area è caratterizzata dalla presenza di terreni alluvionali recenti (**bb**) costituiti prevalentemente da limi argillosi, con spessori mediamente di 15-19 m e poggiano sul substrato argilloso marnoso delle Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova (**AAC**). Inoltre in corrispondenza dell'alveo di Vallone Petroso, si rinvengono lembi di depositi alluvionali attuali (**ba**) costituiti da terreni ghiaioso-sabbiosi con locali passaggi limoso-sabbiosi.

Dal punto di vista idrogeologico l'area è caratterizzata dalla presenza di un esteso acquifero alluvionale, al cui interno è presente una falda freatica a carattere perenne con superficie piezometrica a profondità variabile tra 7 e 10 m da p.c..

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

#### 4 INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

Al fine di caratterizzare i terreni presenti in tutta l'area di intervento sono state condotte le seguenti indagini:

- campagna geognostica eseguita tra maggio 2013 e luglio 2013 dall'impresa GEMERID s.r.l., che è consistita in indagini in sito, in laboratorio e indagini geofisiche;
- campagna geognostica di febbraio 2015, eseguita dalla ditta Vicenzetto S.r.l. di Villa Estense (PD) che è consistita in un solo sondaggio per la progettazione definitiva della viabilità in oggetto.

##### 4.1 Campagna geognostica del 2013

La campagna geognostica del 2013 è stata finalizzata alla redazione del Progetto Preliminare del tracciato ferroviario tratta Catenanuova-Raddusa Agira. Nella suddetta campagna sono state realizzate le seguenti indagini in sito:

- n° 10 sondaggi geognostici a carotaggio per profondità comprese fra i 30m e i 40m, attrezzati con piezometri a tubo aperto;
- n. 5 prospezioni sismiche MASW;
- n.2 prospezioni sismiche a rifrazione;

durante le perforazioni dei sondaggi sono state eseguite le seguenti attività:

- riconoscimento stratigrafico e geotecnico;
- prelievo di n° 15 campioni indisturbati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- prelievo di n° 61 campioni rimaneggiati per il riconoscimento geotecnico
- n° 67 prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT);
- rilievo del livello di falda;
- rilievo di alcuni valori di Pocket Penetrometer in corrispondenza dei livelli coesivi;
- n° 15 prove Lefranc;
- n° 1 prove Lugeon.

##### 4.1.1 Sondaggi

La tabella seguente riassume le principali caratteristiche dei sondaggi: profondità, campioni prelevati, prove geotecniche eseguite in foro e strumentazione installata.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RSOT	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

Tabella 1 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove eseguite

Sondaggio	in asse	quota boccaforo	profondità di	campioni prelevati			prove in foro			falda rilevata
		<i>m s.l.m.</i>	<i>m</i>	<i>campioni indisturbati (CI)</i>	<i>campioni rimaneggiati litoidi</i>	<i>campioni rimaneggiati terrosi (CR)</i>	<i>SPT</i>	<i>Lefranc</i>	<i>Lugeon</i>	<i>m da p.c.</i>
S1	si	148.50	30.00	2	0	5	8	1	0	-6.56
S2	no	160.00	30.00	1	1	0	7	1	0	-2.05
S3	si	150.40	30.00	0	6	2	3	1	1	-9.1
S4	no	154.00	40.00	1	0	8	10	2	0	-5.77
S5	si	163.70	40.00	3	0	4	10	2	0	-3.62
S6	si	171.90	40.00	2	0	7	7	2	0	-7.59
S7	no	149.00	40.00	2	2	4	10	2	0	-7.85
S8	si	185.30	30.00	1	0	7	4	1	0	-10.36
S9	si	198.79	30.00	1	0	6	4	1	0	-9.573
S11	si	204.00	40.00	2	0	9	4	2	0	-14.35

#### 4.1.2 Indagini sismiche

Allo scopo di caratterizzare dal punto di vista elastico i terreni, e definire le categorie di sottosuolo su cui si dovranno erigere le nuove infrastrutture, è stata realizzata una indagine geofisica che è consistita in due fasi:

- una prima fase di indagini elettromagnetiche al fine di scongiurare la presenza di residuati bellici nella zona in cui si dovevano realizzare i sondaggi geognostici;
- una seconda fase di indagine più propriamente di carattere geotecnico detta consistente in:
  - n° 5 indagini MASW
  - due prospezioni di sismica a rifrazione tomografica (da 150 m cadauna).

In sintesi si riportano nella tabella seguente i risultati delle prove MASW:

Tabella 2 – Determinazione della categoria di sottosuolo da prove MASW

<i>Sigla</i>	<i>Tipologia indagine</i>	<i>V<sub>s30</sub></i>	<i>Categoria di sottosuolo</i>	<i>Assetto litostratigrafico</i>
S4	Prova MASW	403	B	Depositi alluvionali terrazzati in appoggio sulle Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova
S6	Prova MASW	321	C	Depositi alluvionali recenti in appoggio sulla Formazione Terravecchia
S7	Prova MASW	447	B	Depositi alluvionali terrazzati in appoggio sulle Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova
S9	Prova MASW	367	B	Depositi alluvionali terrazzati in appoggio sulla Formazione Terravecchia
S10	Prova MASW	282	C	Depositi alluvionali recenti in appoggio sulla Formazione Terravecchia

Per i certificati di prova relativi alle indagini sismiche eseguite si rimanda ai documenti specifici.



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS0T 00 D78 RH GE0005001 A 9 di 102

**4.1.3 Prove di laboratorio**

Sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio sui campioni prelevati nei fori di sondaggio:

- Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione;
- Determinazione del contenuto d'acqua naturale;
- Determinazione dei limiti di consistenza di Atterberg;
- Determinazione del peso dell'unità di volume  $\gamma_{nat}$ ;
- Determinazione del peso specifico dei grani  $G_s$ ;
- Prove di taglio diretto;
- Prove di compressioni triassiale (del tipo CD, UU, CU)
- Prove di compressione ad espansione laterale libera E.L.L.

Nelle seguenti tabelle si riassumono i risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante questa campagna geognostica.

Per i certificati delle indagini si rimanda ai documenti di riferimento.

Tabella 3 – Laboratorio indagini 2013

SONDAGGIO		CAMP	prof. m	STATO DEL CAMP	BOOKEV. PENET. PP	SIANE TEST RPA	CONTIN. SPODUM. VV	RESO UNITA' VOLUME Sg/m <sup>3</sup>	RESO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	RESO UNITA' VOLUME %	GRANULOMETRIA	LIMITI DI ATTERBERG	CLASSIFICAZIONE	TAGLIO AL TAGLIORINDE	TAGLIO TRIASSIALE	PROVA EDOMETRICA	COMPRESSIONE MICROASSIALE						
n.	n.										%	W <sub>L</sub> %	U <sub>C</sub> %	U <sub>S</sub> %	c' kPa	q kPa	E <sub>v</sub> %	C <sub>u</sub> cm <sup>2</sup> /s	K cm <sup>2</sup> /s	q <sub>1</sub> kPa	q <sub>2</sub> kPa		
S4	CI1		7.50 7.90																				
S4	CR2		9.10 9.50																				
S4	CR3	R	13.00 13.50								10.44 18.03 54.00 11.46 17.46	33	12	A-6	CL								
S4	CR4		17.30 17.70								6.74 23.36 45.93 72.90 26.97												
S4	CR5	R	22.30 22.80								8.77 9.52 19.18 33.46 20.28	37	10	A-4	ML								
S4	CR6		30.00 30.40								0.07 3.64 38.09 86.50 28.23												
S4	CR7		34.60 35.00																				
S6	CI1	I	3.00 3.40	220 260	97.5 137.5	24.15	1.97	1.59	2.76		8.10 8.32 23.28 33.17 19.20	32	21	A-7.5	MH								
S6	CR1		4.60 5.00								0.05 5.82 35.51 84.11 38.80												
S6	CI2	I	6.70 7.00	>600	>250	19.08	1.80	1.51	2.77		8.94 7.75 25.82 33.51 46.81	47	18	A-7.6	ML								
S6	CR2		9.00 9.40								0.00 4.42 38.73 85.35 39.95												
S6	CI3	I	14.00 14.30	100	50	21.04	1.87	1.55	2.56		8.76 19.27 49.18 82.04 37.92	57	20	A-7.5	MH							3.54	86.49
S6	CR3		15.10 15.50								0.42 18.12 41.11 81.37 40.26												
S6	CR4	R	27.30 27.70								8.28 4.28 37.10 84.43 27.20	53	26	A-7.6	CH								
S6	CR1		2.00 2.40								0.15 3.07 35.22 84.59 38.07												
S6	CI1	I	4.00 4.50	410	175	13.65	2.00	1.67	2.59		8.00 12.01 45.11 87.99 42.78	54	29	A-7.6	CH								
				500							0.20 8.31 38.37 80.85 52.28												

**TERRE**  
 T = MICISTURBATO  
 F = RIMANEGGIATO  
 S = SEMIDISTURBATO  
 CU = PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA E DRENATA  
 UU = PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA  
 UU = PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA  
 CUa = Prova a parametri consolidati non drenati  
 C - M = parametri efficaci  
 CUa - UUa = parametri non consolidati non drenati  
 CU = PROVA EDOMETRICA CONSOLIDATA E DRENATA



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA - RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS0T 00 D78 RH GE0005001 A 10 di 102

COMMITTENTE: ITALFERR S.p.A. LOCALITA': Tratta Catenanuova - Raddusa Agira  
 LAVORO: P. P. Linea Catania-Palermo N° COMMESSA: 13.017.01  
 DATA ARRIVO: Luglio 2013

TABELLA RIASSUNTIVA  
 PROVE DI LABORATORIO SU:  
**TERRE**  
 ROCCE  
 MATER. STRADALI

**SGAIL - Laboratori e Ricerche S.r.l.**  
 Via Manetti, 18/a - 47033 - Montiano di Romagna (RN) - ITALY  
 Tel. +39 0541588072 - Fax. +39 0541588072 - e-mail: info@sgailab.net  
 REA: RN-304214 - C.F. e P. IVA 0288910461

SONDAGGIO	CAMP	prof. del. camp.	PROFONDITA' (m)	PUNTA (MPa)	VALORE (MPa)	DISTRIB. (%)	PESO UNITA' (Mg/m³)	PESO SPECIFICO (Mg/m³)	GRANULOMETRIA (%)	LIMITE ATTERBERG (%)	CLASSIFICAZIONE (USCS)	TAVOLA AL CASAGRANDE (kPa)	TAVOLO TRIASSIALE		PROVA EDEOMETRICA			COMPRESSIONE MONOASSIALE	
													e	q	Ed	Cr	K	ε <sub>v</sub>	σ <sub>v</sub>
S6	CR2	5.00																	
S6	CR3	7.50																	
S6	CR2	8.50	I	+600	+250	18.51	2.12	1.79	2.65	0.23	11.48	11.01	75.31	24.26					
S6	CR4	10.00																	
S6	CR5	13.00	R							0.05	9.58	42.30	83.53	31.20				2.83	195.72
S6	CR6	21.00	R							0.21	5.38	49.05	14.40	45.35				3.55	350.22
S6	CR7	25.30	R							0.87	10.47	82.57	47.41	29.88					
S7	CR1	3.00	R							0.68	9.22	54.53	10.10	35.67					
S7	CR1	3.40	R							11.43	12.88	55.88	85.92	30.04				2.33	704.85
S7	C11	10.00	I	+600	+250	16.30	2.08	1.79	2.61	0.23	11.48	11.01	75.31	24.26					
S7	C12	15.50	I	+600	+250	16.50	2.03	1.74	2.70	0.00	10.89	42.77	89.31	46.58					
S7	CR2	20.50	R							0.30	2.94	52.08	18.75	34.68					
S7	CR3	28.60	R							0.00	3.17	48.44	88.23	50.29					
S7	CR4	34.60	R							0.07	1.55	37.74	38.09	40.23					
S8	CR1	2.50								0.00	0.77	44.43	19.23	54.80					
S8	C11	4.00	I	520	225	21.49	3.07	1.71	3.60	0.35	12.44	44.32	87.23	42.73					
S8	CR2	5.60								0.00	10.19	33.69	89.51	55.92					

**TERRE**  
 I = INDISTURBATO  
 R = REMANEGGIATO  
 S = SEMIDISTURBATO

CO = PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA E DRENATA  
 CU = PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA  
 UU = PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA  
 Ccu = qcu = parametri consolidati non drenati  
 C' = φ' = parametri efficaci  
 Cucu = qcu = parametri non consolidati non drenati  
 CO = PROVA DI TAVOLO AL CASAGRANDE CONSOLIDATA E DRENATA

ASTM  
 N.D. = NON DETERMINABILE  
 N.P. = NON PLASTICO

COMMITTENTE: ITALFERR S.p.A. LOCALITA': Tratta Catenanuova - Raddusa Agira  
 LAVORO: P. P. Linea Catania-Palermo N° COMMESSA: 13.017.00  
 DATA ARRIVO: Luglio 2013

TABELLA RIASSUNTIVA  
 PROVE DI LABORATORIO SU:  
**TERRE**  
 ROCCE  
 MATER. STRADALI

**SGAIL - Laboratori e Ricerche S.r.l.**  
 Via Manetti, 18/a - 47033 - Montiano di Romagna (RN) - ITALY  
 Tel. +39 0541588072 - Fax. +39 0541588072 - e-mail: info@sgailab.net  
 REA: RN-304214 - C.F. e P. IVA 0288910461

SONDAGGIO	CAMP	prof. del. camp.	PROFONDITA' (m)	PUNTA (MPa)	VALORE (MPa)	DISTRIB. (%)	PESO UNITA' (Mg/m³)	PESO SPECIFICO (Mg/m³)	GRANULOMETRIA (%)	LIMITE ATTERBERG (%)	CLASSIFICAZIONE (USCS)	TAVOLA AL CASAGRANDE (kPa)	TAVOLO TRIASSIALE		PROVA EDEOMETRICA			COMPRESSIONE MONOASSIALE	
													e	q	Ed	Cr	K	ε <sub>v</sub>	σ <sub>v</sub>
S8	CR3	8.60																	
S8	CR4	12.00	R							0.30	21.87	47.83	75.41	32.90				1.99	347.47
S8	CR5	17.60	R							0.20	19.20	38.15	80.20	44.75				1.13	362.14
S8	CR6	23.00	R							0.29	9.05	28.22	54.84	66.42					
S8	CR7	27.00	R							0.34	7.52	47.51	32.30	44.98					
S9	CR1	3.00								0.20	5.74	29.27	14.05	64.89					
S9	C11	6.00	I	300	125	22.94	2.03	1.65	2.50	1.30	18.94	23.71	22.24	48.58					
S9	CR2	9.40								1.10	14.11	27.38	24.73	27.36					
S9	CR3	13.50																	
S9	CR4	17.20	R							0.71	3.57	40.54	66.43	47.77				0.09	845.15
S9	CR5	22.40	R							0.20	4.67	30.42	65.31	45.98				4.21	368.70
S9	CR6	26.00	R							0.00	2.83	39.34	97.11	69.77					
S11	CR1	2.00								0.20	3.12	53.42	65.44	46.04				2.17	463.90
S11	C11	4.00	I	300	75.0	13.94	1.98	1.74	2.62	1.11	22.55	30.23	22.44	33.91					
S11	CR2	5.60								1.22	22.14	38.19	76.94	48.85					
S11	CR3	9.60																	

**TERRE**  
 I = INDISTURBATO  
 R = REMANEGGIATO  
 S = SEMIDISTURBATO

CO = PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA E DRENATA  
 CU = PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA  
 UU = PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA  
 Ccu = qcu = parametri consolidati non drenati  
 C' = φ' = parametri efficaci  
 Cucu = qcu = parametri non consolidati non drenati  
 CO = PROVA DI TAVOLO AL CASAGRANDE CONSOLIDATA E DRENATA

ASTM







	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RSOT	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

#### 4.1.5 Prove Lefranc

Di seguito si riporta la sintesi delle prove di permeabilità tipo Lefranc e tipo Lugeon eseguite nei fori di sondaggio.

Sondaggio	Prova	Tipologia	Profondità	Permeabilità	Unità geologica di riferimento
Sigla	-	-	m da p.c.	m/s	-
S01	LE1	Lefranc	5.0-6.5	7.80E-06	Depositi alluvionali terrazzati
S02	LE1	Lefranc	8.0-9.0	2.37E-07	Depositi eluvio-colluviali
S03	LE1	Lefranc	5.0-6.0	1.06E-07	Depositi alluvionali recenti
S03	LU1	Lugeon	11.8-12.8	3.34E-6	Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova
S04	LE1	Lefranc	4.5-5.5	8.80E-06	Depositi alluvionali terrazzati
S04	LE2	Lefranc	9.0-10.0	4.54E-08	Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova
S05	LE1	Lefranc	4.5-6.0	3.80E-06	Depositi alluvionali recenti
S05	LE2	Lefranc	14.0-15.0	5.87E-09	Flysch Numidico
S06	LE1	Lefranc	7.0-8.0	3.83E-07	Depositi alluvionali recenti
S06	LE2	Lefranc	13.0-14.0	7.15E-09	Formazione Terravecchia – Argille brecciate
S07	LE1	Lefranc	4.6-5.6	2.23E-06	Depositi alluvionali terrazzati
S07	LE2	Lefranc	14.5-15.5	4.55E-09	Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova
S08	LE1	Lefranc	10.5-11.5	4.99E-09	Formazione Terravecchia
S09	LE1	Lefranc	9.0-10.0	6.46E-08	Depositi alluvionali terrazzati
S11	LE1	Lefranc	5.0-6.0	1.46E-06	Depositi alluvionali terrazzati
S11	LE2	Lefranc	14.0-15.0	4.69E-09	Formazione Terravecchia

Figura 3 – Prospetto sintetico delle diverse prove di permeabilità realizzate nei fori di sondaggio.

#### 4.2 Campagna geognostica del 2015

Nella campagna geognostica del febbraio 2015 è stato realizzato un sondaggio geognostico a carotaggio continuo di lunghezza 40.0 m attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto.

L'indagine è finalizzata alla redazione del Progetto Definitivo della nuova viabilità ed è stata realizzata in corrispondenza dell'opera di scavalco del fiume Pedroso.

Durante il sondaggio sono state svolte le seguenti attività:

- accurata descrizione stratigrafica;
- prove SPT;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;



PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	15 di 102

- una prova di permeabilità in foro di tipo Lefranc;
- installazione di piezometro del tipo a tubo aperto e rilievo del livello di falda;
- misure di Pocket Penetrometer (PP) e Torvane (TV) nei livelli coesivi (fondo scala strumenti: PP = 4.5 kg/cm<sup>2</sup>; TV = 1.0 kg/cm<sup>2</sup>).

Nella seguente tabella si sintetizzano le attività svolte in sito.

Tabella 4 – Indagine febbraio 2015

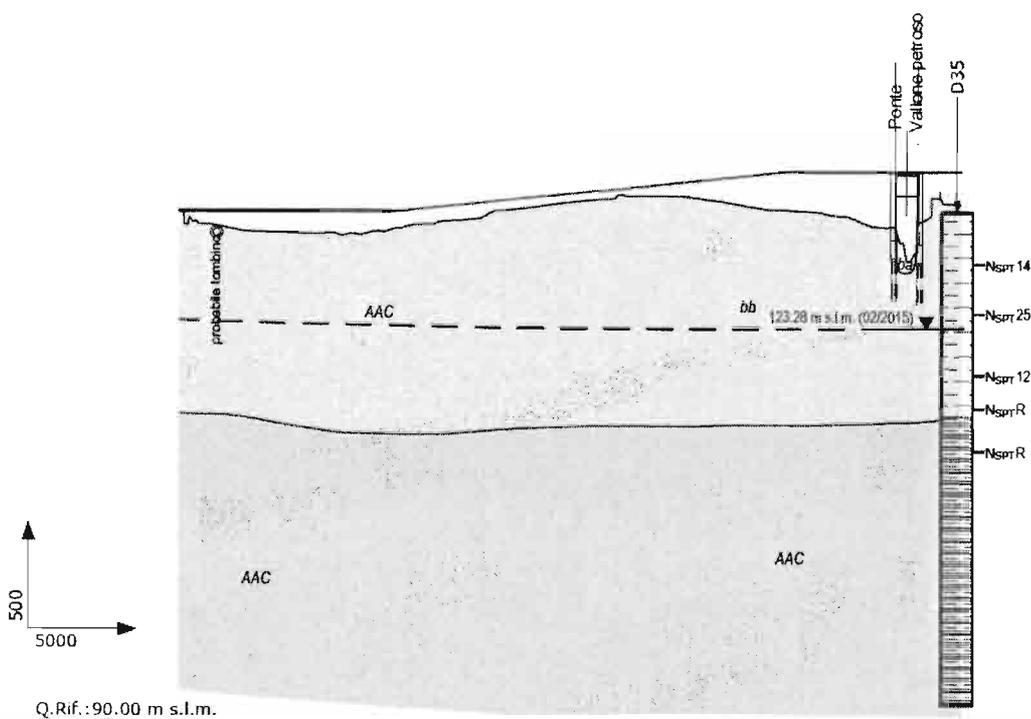
sondaggio	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	N. prove SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	Piezometro TA	Prova Lefranc, profondità [m]
D35	40.0	+132.7	5	1	4	[3÷16]	[6÷8]
TA [m]: profondità tratto filtrante							

Il livello di falda misurato nel piezometro il 15/02/2015 è di 9.4 m e quindi in quota assoluta +123.3 m s.l.m..

Al momento della stesura del presente elaborato, non sono ancora disponibili i risultati delle prove di laboratorio.

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La successione stratigrafica lungo la viabilità in progetto è stata desunta sulla base delle indagini direttamente eseguite lungo la viabilità in esame (sondaggio D35) e dai rilievi e studi geologico-geomorfologici. Per la scelta dei parametri geotecnici di progetto delle unità intercettate, ci si è basati sui risultati di tutte le indagini dell'intera linea ferroviaria.



NUMERO SEZIONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33				
QUOTE PROGETTO	132.800	132.888	132.800	132.800	132.800	132.800	132.800	132.800	132.800	132.876	133.002	133.200	133.200	133.408	133.607	133.806	134.011	134.213	134.415	134.619	134.819	135.098	135.222	135.424	135.628	135.828	136.028	136.228	136.428	136.628	136.828	137.028	137.228	137.428	137.628	137.828	
QUOTE TERRENO	132.774	131.744	131.430	131.138	131.088	130.987	131.032	130.975	130.924	131.173	131.476	131.614	131.725	131.927	132.078	132.188	132.328	132.426	132.709	134.455	134.819	134.936	133.879	133.597	133.247	132.889	132.688	132.488	132.272	132.382	131.944	131.505	129.916	133.676	133.346	133.000	132.654
ETTOMETRICHE	0+000.00	0+100.00			0+200.00			0+300.00			0+400.00			0+500.00			0+600.00			0+700.00																	
PROGRESSIVE	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00	140.00	160.00	180.00	200.00	220.00	240.00	260.00	280.00	300.00	320.00	340.00	360.00	380.00	400.00	420.00	440.00	460.00	480.00	500.00	520.00	540.00	560.00	580.00	600.00	620.00	638.00				

Figura 4 – Stralcio della sezione geologica indicante la zona di intervento

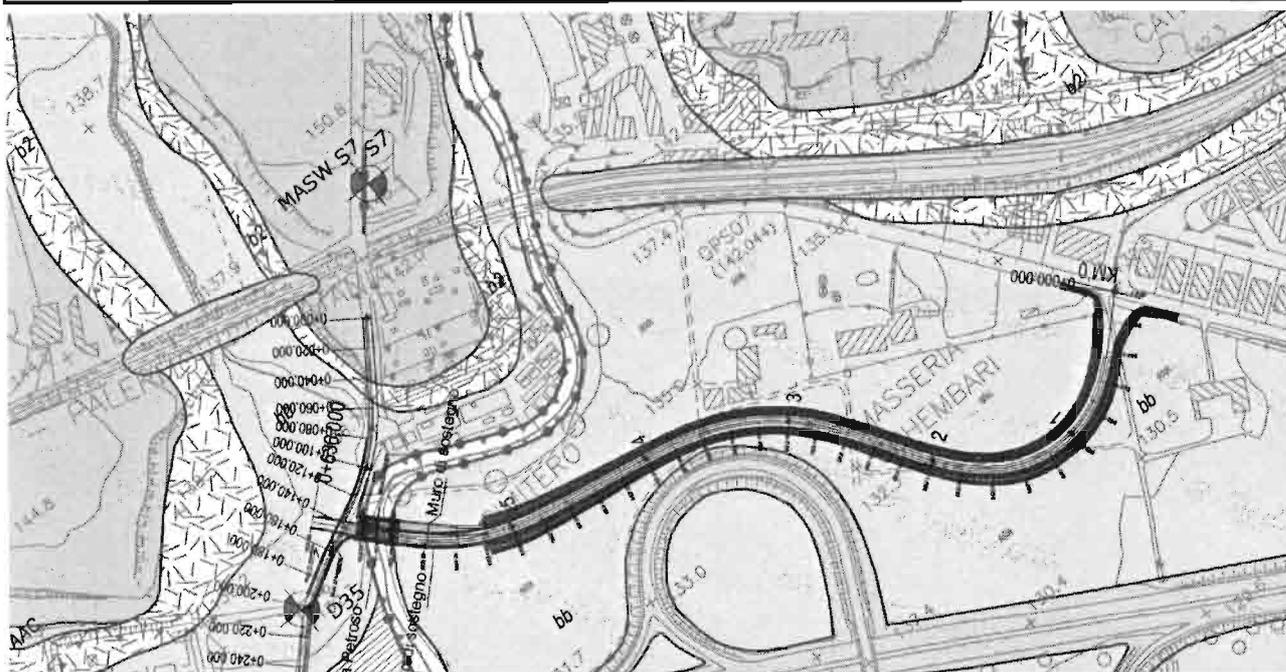


Figura 5 – Stralcio della carta geologica indicante la zona di intervento

### 5.1 Definizione delle unità geotecniche intercettate

Sulla base dei risultati delle indagini (in sito ed in laboratorio) delle campagne geognostiche eseguite nell'area in esame, si perviene ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni e quindi alla definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici di progetto.

Nel seguito viene prima brevemente descritta la successione stratigrafica lungo il tracciato con individuazione delle unità geotecniche intercettate dalle indagini; successivamente vengono presentate le caratteristiche litologiche ed i valori dei parametri geotecnici delle unità di interesse progettuale.

Unità geotecniche:

- **Unità ba – Depositi alluvionali attuali:** tale unità, a comportamento granulare, è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolari ad arrotondate, con matrice sabbiosa, sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante e localmente da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi con locali ghiaie. Nel tracciato in esame sono rinvenibili in corrispondenza dell'alveo del Vallone Petroso con spessore massimo stimato intorno ai 2 m circa.
- **Unità bb – Depositi alluvionali recenti:** si tratta di terreni coesivi, costituiti da argille limose e limi argillosi di colore grigie e nocciola, a struttura indistinta o laminata, con locali passaggi sabbioso-limosi, rare ghiaie poligeniche da sub-angolari ad arrotondate e rari clasti calcarei. L'unità è presente al di sotto di uno spessore di coltre vegetale di 0.45 m fino alla profondità di 16.5 m circa.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

- **Unità AAC – Argille marnose grigie:** tale unità a comportamento prevalentemente coesivo, è rappresentata da argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio-verdastro a struttura scagliosa, con talvolta livelli di sabbie limose grigie, livelli argillitici duri e locali intercalazioni di arenarie medio-fini grigie e giallastre, in strati da sottili a medi.

Ai fini della caratterizzazione dei terreni è stato fatto riferimento ai risultati delle:

- prove penetrometriche dinamiche SPT eseguite nei fori di sondaggio;
- prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi nei terreni coesivi;
- prove Pocket Penetrometer.

## 5.2 Criteri di valutazione dei parametri geotecnici

### 5.2.1 Depositi incoerenti

Per i depositi prevalentemente incoerenti, i parametri geotecnici di resistenza al taglio e di deformabilità possono essere stimati sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

Sono stati considerati i valori minimi di densità relativa ottenuti dalle varie correlazioni che di seguito vengono esposte.

#### 5.2.1.1 Stato di addensamento

##### Correlazione di Skempton

In accordo a quanto indicato in Skempton (1986), la densità relativa  $D_r$  può essere correlata al valore  $N_{SPT}$  con la seguente legge:

$$D_r = \left( \frac{1}{A + B \cdot \sigma'_{vo}} \cdot N_{SPT} \right)^{0.5}$$

essendo:

A, B = costanti empiriche indicate in Tabella 5;

$\sigma'_{vo}$  = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm<sup>2</sup>);

$N_{SPT}$  = numero di colpi per 30 cm di infissione ;

$D_r$  = densità relativa (-).

	<b>PROGETTO DEFINITVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A	FOGLIO 19 di 102

Tabella 5 – Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

Tipo di materiale	A	B
Sabbie fini normalmente consolidate	27,5	27,5
Sabbie grosse normalmente consolidate	43,3	21,7
Sabbie sovraconsolidate	27,5+43,3	$(21,7+27,5) \cdot \frac{1+2 \cdot (k_0)_{sc}}{1+2 \cdot (k_0)_{nc}}$

Nel caso in esame sono state cautelativamente considerate le costanti empiriche relative a sabbie fini normal consolidate.

#### Correlazione di Gibbs e Holtz

In accordo a quanto indicato da Gibbs e Holtz (1957) la densità relativa  $D_r$  può essere correlata al valore NSPT con la seguente espressione:

$$D_r = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{(16 + 23 \cdot \sigma_{vo}')}}}$$

#### 5.2.1.2 Parametri di resistenza

Per la stima dell'angolo di resistenza al taglio dalle prove SPT sono state utilizzate le correlazione di seguito illustrate.

#### Correlazione di Shioi-Fukuni

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = \sqrt{15N_{SPT}} + 15$$

#### 5.2.1.3 Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi incoerenti possono essere stimate dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

#### Correlazione di Schmertmann

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E(\text{kg/cmq}) = 2BN_{SPT}$$

dove B è una costante variabile in funzione della litologia:

B	Litologia
4	sabbia fine
6	sabbia media
10	sabbia grossolana

Nel caso in esame è stata cautelativamente considerata la costante empirica relativa a sabbia fine.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

### Correlazione di Schultze e Menzebach

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E(\text{kg/cm}^2) = 5.27N_{SPT} + 76$$

### 5.2.2 Depositi coesivi

Per i depositi coesivi la caratterizzazione geotecnica è stata fatta oltre che dall'interpretazione delle prove in sito, anche dai risultati delle prove di laboratorio sui campioni indisturbati eseguiti sui campioni prelevati nei sondaggi del tracciato della linea ferroviaria.

#### 5.2.2.1 Caratteristiche di resistenza

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza dei depositi coesivi ci si è basati sui risultati delle prove di laboratorio che sono essenzialmente prove di taglio diretto (TD), prove di compressione triassiale, e prove di compressione semplice.

La resistenza al taglio in condizioni non drenate è stata valutata principalmente sulla base delle prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL), sulla base di prove triassiali non consolidate non drenate (UU) e delle prove svedite di Pocket Penetrometer (PP).

La resistenza al taglio non drenata è stata anche desunta delle prove penetrometriche dinamiche SPT in base alla seguente correlazione di Stroud (1974):

$$c_u \cong (5.0 \div 5.5) \cdot N_{SPT} \quad (\text{kPa})$$

La resistenza al taglio in condizioni drenate è stata valutata sulle risultanze delle prove di laboratorio triassiali consolidate non drenate (CU), delle prove triassiali consolidate drenate (CD) e delle prove e delle prove di taglio diretto (TD).

Inoltre, seppur come indicazione, è possibile utilizzare la correlazione proposta da Peck (1953) per i litotipi di natura incoerente che presentano una forte componente limosa. In questo senso l'angolo d'attrito risulta limitatamente influenzato dalla DR per cui si suppone che quello di picco e quello a volume costante in tale caso coincidano:

$$\varphi'p (\text{°}) = \varphi'cv (\text{°}) = 0.30 N_{SPT} + 20$$

#### 5.2.2.2 Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi coesivi possono essere stimati:

- dalle prove in sito;
- da correlazioni di letteratura.

Stroud correla inoltre il modulo di deformazione operativo ai valori di NSPT secondo la seguente espressione:

$$E'_v = 130 \cdot cu = 130 \cdot f_1 \cdot N$$

dove:

$E'_v$  = modulo di deformazione operativo (kPa)

$cu$  = resistenza al taglio non drenata (kPa);

$f_1$  = fattore in funzione dell'indice di plasticità IP, (vedasi figura seguente)

$N$  = valori di  $N_{SPT}$ .

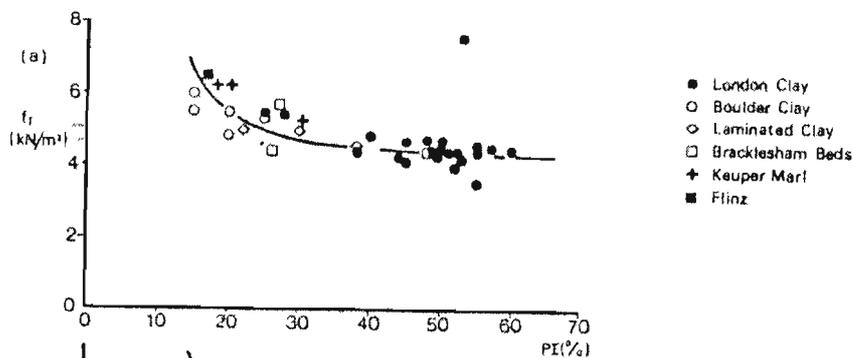


Figura 6 – Fattore  $f_1$  in funzione di IP

Per quanto riguarda la stima dei moduli di deformazione in condizioni non drenate ( $E_u$ ) per la stima dei cedimenti immediati dei rilevati si è utilizzata la correlazione seguente  $E_u = k \cdot cu$ , dove  $cu$  è la resistenza al taglio in condizioni non drenate ed il coefficiente  $k$  è valutato con il grafico di figura seguente.

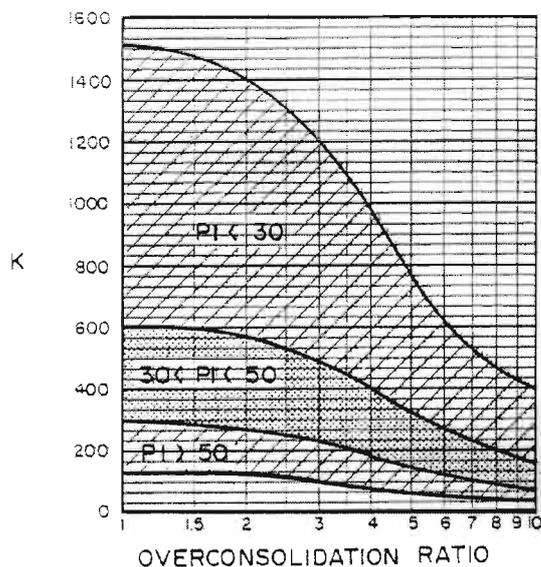


Figura 7 – Duncan & Buchigani

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

### 5.2.2.3 Caratteristiche di consolidazione

I valori del coefficiente di consolidazione primaria verticale sono stati determinati con la seguente correlazione nel manuale NAVFAC-DM 7.1. (1971), in funzione del limite liquido (LL):

$$c_v = 0.009 (LL - 0.1) \quad [\text{cm}^2/\text{s}]$$

Il coefficiente di consolidazione secondaria, è stato stimato con la correlazione proposta nel NAVFAC-DM 7.1 (1982, vedasi figura seguente), in funzione del contenuto naturale di acqua ( $w_n$ ).

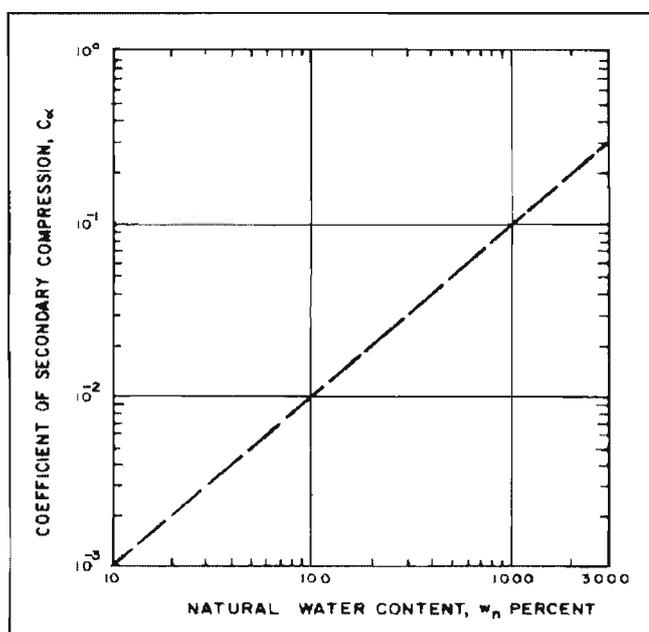


Figura 8 – Abaco di calcolo del coefficiente di consolidazione secondaria da  $w_n$  (NAVFAC, 1982)

### 5.3 Unità ba – Depositi alluvionali attuali

Tale unità non è stata intercettata nel sondaggio appositamente eseguito per il Progetto Definitivo della viabilità NI10 e nemmeno dai sondaggi eseguiti per il Progetto Preliminare di tutta la linea ferroviaria.

Sulla base dei rilievi in sito e delle carte geologiche, l'unità è rinvenibile in corrispondenza dell'alveo del Vallone Petroso con spessore massimo stimato intorno ai 2 m circa.

Pertanto, sulla base delle informazioni bibliografiche riportate in letteratura, si propongono i seguenti valori di progetto dei parametri geotecnici:

- Peso per unità di volume  $\gamma_{\text{nat}} = 18.5 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$
- Densità relativa  $D_r = 30 \div 50 \%$
- Coesione efficace  $c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito efficace  $\phi' = 24 \div 30^\circ$
- Coefficiente di permeabilità  $k = 10^{-6} \div 10^{-1} \text{ m/s}$
- Modulo di Young operativo  $E' = 10 \text{ MPa}$

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

#### 5.4 Unità bb – Depositi alluvionali recenti

L'unità è costituita prevalentemente da argille limose e limi argillosi con locali passaggi sabbioso-limosi e/o rare ghiaie; è stata rinvenuta nel sondaggio D35 sotto il terreno di riporto (di spessore 0.45 m) fino alla profondità di 16.5 m dal p.c..

La caratterizzazione geotecnica di questo litotipo è stata fatta considerando l'interpretazione delle prove SPT, i risultati delle prove Pocket Penetrometer e delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati in tale unità. In particolare, dato l'esiguo numero di dati a disposizione, per la caratterizzazione ci si è basati anche sui risultati delle prove in sito e delle prove di laboratorio dei campioni dei sondaggi di linea (S3, S5, S6 e S8).

Nella seguente tabella si sintetizzano i dati relativi ai sondaggi di linea.

Tabella 6 – Prove SPT inerenti al litotipo bb – sondaggi di linea

sondaggio	prof. prova m da p.c.	quota boccaforo m s.l.m.	prof. prova m s.l.m.	litotipo	n. colpi			N <sub>SPT</sub>	Stroud		Peck	
					1	2	3		C <sub>u</sub>	E'	φ'	
									kPa	MPa	°	
S3	1	3.00	160.00	157.00	bb	6	12	11	<b>23</b>	<b>115</b>	<b>14.95</b>	<b>27</b>
S3	2	6.00	160.00	154.00	bb	19	33	r	r			
S5	1	1.90	163.70	161.80	bb	7	10	10	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>26</b>
S5	2	5.00	163.70	158.70	bb	3	8	7	<b>15</b>	<b>75</b>	<b>9.75</b>	<b>25</b>
S6	1	3.00	171.90	168.90	bb	5	9	16	<b>25</b>	<b>125</b>	<b>16.25</b>	<b>28</b>
S6	2	6.00	171.90	165.90	bb	6	11	9	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>26</b>
S8	1	3.00	185.30	182.30	bb	12	15	21	<b>36</b>	<b>180</b>	<b>23.4</b>	<b>31</b>

Nella Tabella 6 sono mostrati i valori di N<sub>SPT</sub> delle prove eseguite nel sondaggio D35 e nei sondaggi di linea; si osserva che i valori sono generalmente compresi fra 12 e 25 colpi/30 cm, con buon accordo dei valori del sondaggio ubicato appositamente sulla viabilità in progetto e di quelli dei sondaggi di linea.

Per quanto concerne i dati di laboratorio, ci si è basati essenzialmente sui risultati delle prove dei sondaggi del Progetto Preliminare in quanto per il sondaggio SD35, al momento della stesura del presente elaborato, i risultati non sono ancora disponibili. Nella seguente tabella sono sintetizzati i risultati delle prove di laboratorio eseguite sul litotipo in esame.

Tabella 7 – Risultati prove di laboratorio inerenti al litotipo bb – sondaggi di linea

SONDAGGIO n.	CAMP. n.	prof. mt.	STATO DEL CAMP.	POCKET PENET PP KPa	VANE TEST VT KPa	CONTEN DAGGIA W %	PESO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SECCO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SPECIF. DEL TERRENO γ <sub>s</sub> Mg/m <sup>3</sup>	GRANULOMETRIA					LIMITI DI ATTENERBILITA'		CLASSIFICAZIONE		TAGLIO AL CASA-GRANDE			TAGLIO TRIASSIALE				
										G %	S %	L %	L+A %	A %	W <sub>L</sub> %	I <sub>p</sub> %	UNE 10005	USCS	C' KPa	φ' °	φ <sub>cu</sub> °	C KPa	φ <sub>cu</sub> °	φ <sub>cu</sub> °		
S5	Cl1	3.00	I	220	87.5	24.15	1.97	1.59	2.76	0.10	0.62	43.94	53.27	49.33	52	21	A-7-5	MH				C <sub>cu</sub>	42	UU	φ <sub>cu</sub>	0.0
		3.40		260	137.5						0.05	5.83	25.51	94.11	58.60											
S6	Cl1	4.00	I	410	175	19.66	2.00	1.67	2.59	0.00	12.01	45.21	37.99	42.78	54	29	A-7-6	CH				C'	3	CU	φ'	25.3
		4.50		500							0.00	9.35	32.37	90.65	52.38							C <sub>cu</sub>	34		φ <sub>cu</sub>	18.3
S8	Cl1	4.00	I	520	225	21.49	2.07	1.71	2.60	0.33	12.44	44.56	37.23	42.73	55	31	A-7-6	CH				C'	2	CU	φ'	23.3
		4.40		550	237.5						0.00	10.19	33.89	89.81	55.92							C <sub>cu</sub>	17		φ <sub>cu</sub>	16.2

Nella Figura 10 sono mostrati i valori della resistenza al taglio non drenata (c<sub>u</sub>) ottenuta dall'interpretazione delle prove SPT, dalle prove di Pocket Penetrometer e dalle prove di laboratorio; si osservano valori generalmente

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

compresi fra 40 e 100 kPa con dei massimi fino a 200 kPa relativi alle prove di Poket Penetrometer eseguite entro i primi 15 m dal p.c. e quindi probabilmente su terreni con un certo essiccamento superficiale.

Nella Figura 11 sono mostrati i risultati delle prove di resistenza di laboratorio.

Nella Figura 12 sono mostrati i valori del modulo di deformazione elastico stimati dalle prove in sito; generalmente compresi fra 8 e 23 MPa.

Quindi per l'unità in esame si possono considerare le seguenti caratteristiche geotecniche:

- Peso per unità di volume  $\gamma_{nat} = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$
- Coesione non drenata  $c_u = 40 \div 100 \text{ kPa}$
- Coesione efficace  $c' = 5 \div 10 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito efficace  $\phi' = 23 \div 27^\circ$
- Coefficiente di permeabilità  $k = 10^{-10} \div 10^{-7} \text{ m/s}$
- Modulo di Young operativo  $E' = 8 \div 23 \text{ MPa}$

### 5.5 Unità AAC – Argille marnose grigie

Tale unità a comportamento prevalentemente coesivo, è rappresentata da argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio-verdastro, con frequenti livelli di sabbie limose grigie, passaggi di marne argillose grigio-verdastre e locali intercalazioni di arenarie medio-fini grigie e giallastre. L'unità è stata intercettata dal sondaggio D35 da 16.5 m dal p.c. fino alla massima profondità indagata (40.0 m).

Per la caratterizzazione geotecnica di tale deposito ci si è basati anche sui risultati delle prove in sito e delle prove di laboratorio dei campioni dei sondaggi di linea (S1, S2, S3, S4 e S7). Nella seguente tabella si sintetizzano i dati relativi ai sondaggi di linea.

In corrispondenza dell'unità sono stati prelevati campioni rimaneggiati, indisturbati e sono stati eseguite prove SPT.

Nella Figura 9 sono mostrati i valori di  $N_{SPT}$  delle prove eseguite nel sondaggio D35 e nei sondaggi di linea; si osserva che i valori sono generalmente maggiori di 60 colpi/30 cm, con molti valori a rifiuto ( $N_{SPT}=100$ ) ad indicare l'elevata consistenza del deposito e con andamento crescente con la profondità.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

Tabella 8 – Prove SPT inerenti al litotipo AAC – sondaggi di linea

sondaggio	prof. prova m da p.c.	quota boccaforo m s.l.m.	prof. prova m s.l.m.	litotipo	n. colpi			N <sub>SPT</sub>	Stroud		Peck	
					1	2	3		c <sub>u</sub>	E'	φ'	
									kPa	MPa	°	
S1	3	8.50	148.50	140.00	AAC	8	17	24	41	205	26.65	32
S1	4	11.00	148.50	137.50	AAC	32	r	26	r			
S1	5	14.00	148.50	134.50	AAC	28	29	33	62	310	40.3	39
S1	6	17.00	148.50	131.50	AAC	22	40	r	r			
S1	7	20.00	148.50	128.50	AAC	20	38	55	93	465	60.45	48
S1	8	23.00	148.50	125.50	AAC	23	40	58	98	490	63.7	49
S2	3	11.00	160.00	149.00	AAC	22	r		r			
S2	4	16.60	160.00	143.40	AAC	r			r			
S2	5	19.00	160.00	141.00	AAC	46	r		r			
S2	6	22.50	160.00	137.50	AAC	r			r			
S2	7	28.00	160.00	132.00	AAC	42	r		r			
S3	3	10.00	160.00	150.00	AAC	r			r			
S4	2	8.50	154.00	145.50	AAC	19	31	48	79	395	51.35	44
S4	3	11.00	154.00	143.00	AAC	17	30	51	81	405	52.65	44
S4	4	13.70	154.00	140.30	AAC	41	84	16	100	500	65	50
S4	5	17.00	154.00	137.00	AAC	31	72	28	100	500	65	50
S4	6	20.30	154.00	133.70	AAC	28	69	31	100	500	65	50
S4	7	23.50	154.00	130.50	AAC	37	r		r			
S4	8	26.70	154.00	127.30	AAC	30	78	22	100	500	65	50
S4	9	29.40	154.00	124.60	AAC	37	73	17	90	450	58.5	47
S4	10	32.10	154.00	121.90	AAC	38	r		r			
S7	3	11.10	149.00	137.90	AAC	14	30	40	70	350	45.5	41
S7	4	14.00	149.00	135.00	AAC	13	32	46	78	390	50.7	43
S7	5	17.00	149.00	132.00	AAC	16	33	44	77	385	50.05	43
S7	6	20.00	149.00	129.00	AAC	14	35	47	82	410	53.3	45
S7	7	23.00	149.00	126.00	AAC	18	39	r	r			
S7	8	26.00	149.00	123.00	AAC	20	37	49	86	430	55.9	46
S7	9	29.00	149.00	120.00	AAC	18	41	r	r			
S7	10	32.00	149.00	117.00	AAC	21	40	51	91	455	59.15	47

Per quanto concerne i dati di laboratorio, ci si è basati essenzialmente sui risultati delle prove dei sondaggi del Progetto Preliminare in quanto per il sondaggio SD35, al momento della stesura del presente elaborato, i risultati non sono ancora disponibili. Nella seguente tabella sono sintetizzati i risultati delle prove di laboratorio eseguite sul litotipo in esame.

Nella Figura 10 sono mostrati i valori della resistenza al taglio non drenata (c<sub>u</sub>) ottenuta dall'interpretazione delle prove SPT e dalle prove di Pocket Penetrometer.; queste ultime hanno raggiunto tutte il fondo scala dello strumento, dall'interpretazione delle prove SPT si osservano valori generalmente compresi fra 300 e 500 kPa.

Nella Figura 11 sono mostrati i risultati delle prove di resistenza di laboratorio.

Nella Figura 12 sono mostrati i valori del modulo di deformazione elastico stimati dalle prove in sito; generalmente compresi fra 50 e 65 MPa.

Tabella 9 – Risultati prove di laboratorio inerenti al litotipo AAC – sondaggi di linea

SONDAGGIO n.	CAMP. n.	prof. mt.	STATO DEL CAMP.	POCKET PENET. kPa	VANNE TEST UT kPa	LUNTA D'ACQUA W %	PESO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SECCO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SPECIF. DEL TERRENO % L=100-1	GRAVIMETRIA					LIMITI D. ATTEPBERG		CLASSIFICAZIONE		TAGLIO AL CASAGRANDE			TAGLIO TRIASSIALE			PROVA EDOMETRICA			COMPRESSIONE MONOASSIALE							
										SH <sub>100</sub> g	SH <sub>40</sub> g	L <sub>100</sub> %	L <sub>40</sub> %	A <sub>100</sub> %	W <sub>L</sub> %	U <sub>c</sub> %	UT <sub>1000</sub>	USCS	c' kPa	c <sub>u</sub> kPa	e	ckPa	c <sub>u</sub> kPa	e	E <sub>sec</sub> kPa	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /s	K <sub>0</sub> cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	σ <sub>v</sub> kPa	σ <sub>h</sub> kPa						
S1	CL2	9.70 10.00	I	>600	>250	23.20	1.87	1.52	2.89	0.36	18.71	32.84	23.81	28.72	46	15	A-7-5	CL	25.5	25.2	c' kPa	c <sub>u</sub> kPa	e	27.6	15.8										
S1	CR3	10.60 11.00	R							0.36	7.00	28.88	21.03	2.26	57	25	A-7-5	MH																	
S1	CR4	14.60 15.00	R							0.29	7.04	49.69	32.69	43.10	42	18	A-7-6	CL																	
S1	CR6	18.60 19.00	R							0.25	3.40	39.65	27.67	35.27	48	22	A-7-6	CL																	
S2	CL1	9.70 10.00	I	30	60	13.54	1.80	1.41	2.89	0.20	11.81	41.24	33.04	26.00	47	23	A-7-6	CL																	
S2	CR3	12.00 12.40								0.37	12.32	28.78	27.21	18.55	33	12	A-6	CL																	
S2	CR4	18.60 19.00	R							0.37	11.85	51.54	39.25	29.74	33	12	A-6	CL																	
S2	CR6	24.60 25.00								0.29	3.54	66.09	56.30	30.21	35	14	A-6	CL																	
S4	CR3	13.00 13.50	R							0.22	11.44	18.01	24.00	11.48	33	12	A-6	CL																	
S4	CR6	22.30 22.80	R							0.22	6.74	20.36	45.93	72.00	37	10	A-4	ML																	
S7	CR2	20.60 20.90	R							0.33	2.96	62.08	46.76	34.86	42	17	A-7-6	CL																	
S7	CR3	28.60 29.00	R							0.07	0.77	44.43	35.23	54.82	40	22	A-7-6	CL																	
S7	CR4	34.60 35.00	R							0.23	1.94	33.83	34.08	24.73	73	45	A-7-5	CH																	

SOND.	CAMP.	Prof.	STATO DEL CAMP.	PESO DI VOLUME APP. γ Mg/m <sup>3</sup>	CONTEN. D'ACQUA W %	TENORE CARBON. %	PARAM. DINAMICI		COMPRESSIONE STRUMENTATA						
							Vel. Ultra V m/s	Mod. el. din Ed MPa	Sforzi σ <sub>c</sub> N/mm <sup>2</sup>	Def. vert. ε <sub>v</sub> %	Def. orizz. ε <sub>0</sub> %	C. Poiss ν /	E Sec. E Tang. KN/mm <sup>2</sup>		
S7	CL2	7.00 7.20	IN	2.652						203.15				0.206	64.36 59.67

Le prove di laboratorio eseguite sui campioni, assieme ai risultati delle prove SPT, hanno restituito i seguenti parametri geotecnici:

- Peso per unità di volume  $\gamma_{nat} = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$
- Coesione non drenata  $c_u = 300 \div 450 \text{ kPa}$
- Coesione efficace  $c' = 20 \div 25 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito efficace  $\phi' = 25 \div 28^\circ$
- Coefficiente di permeabilità  $k = 10^{-9} \div 10^{-6} \text{ m/s}$
- Modulo di Young operativo  $E' = 50 \div 65 \text{ MPa}$

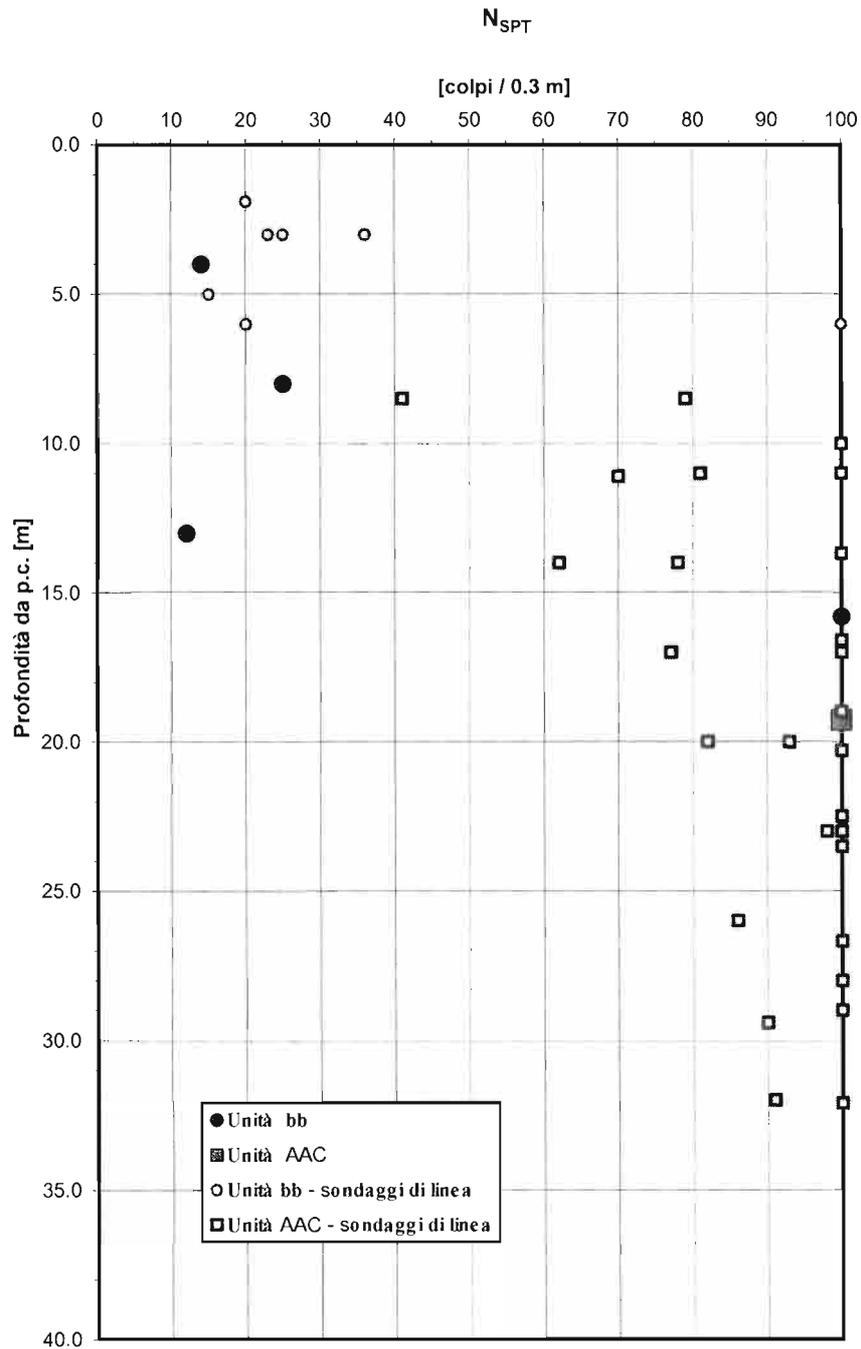
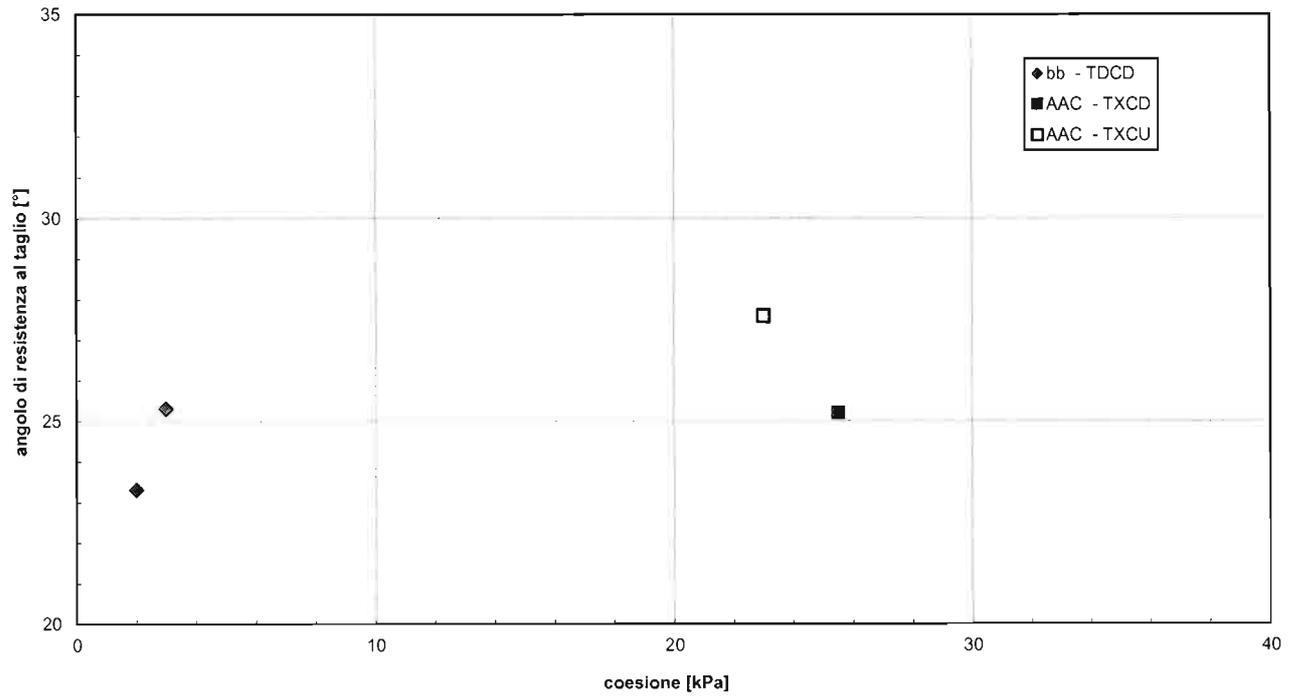


Figura 9 – Valori di  $N_{SPT}$



*Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio*



*Figura 11 – Resistenza al taglio e coesione drenata*

**Modulo di deformazione elastico (Stroud, 1974)**

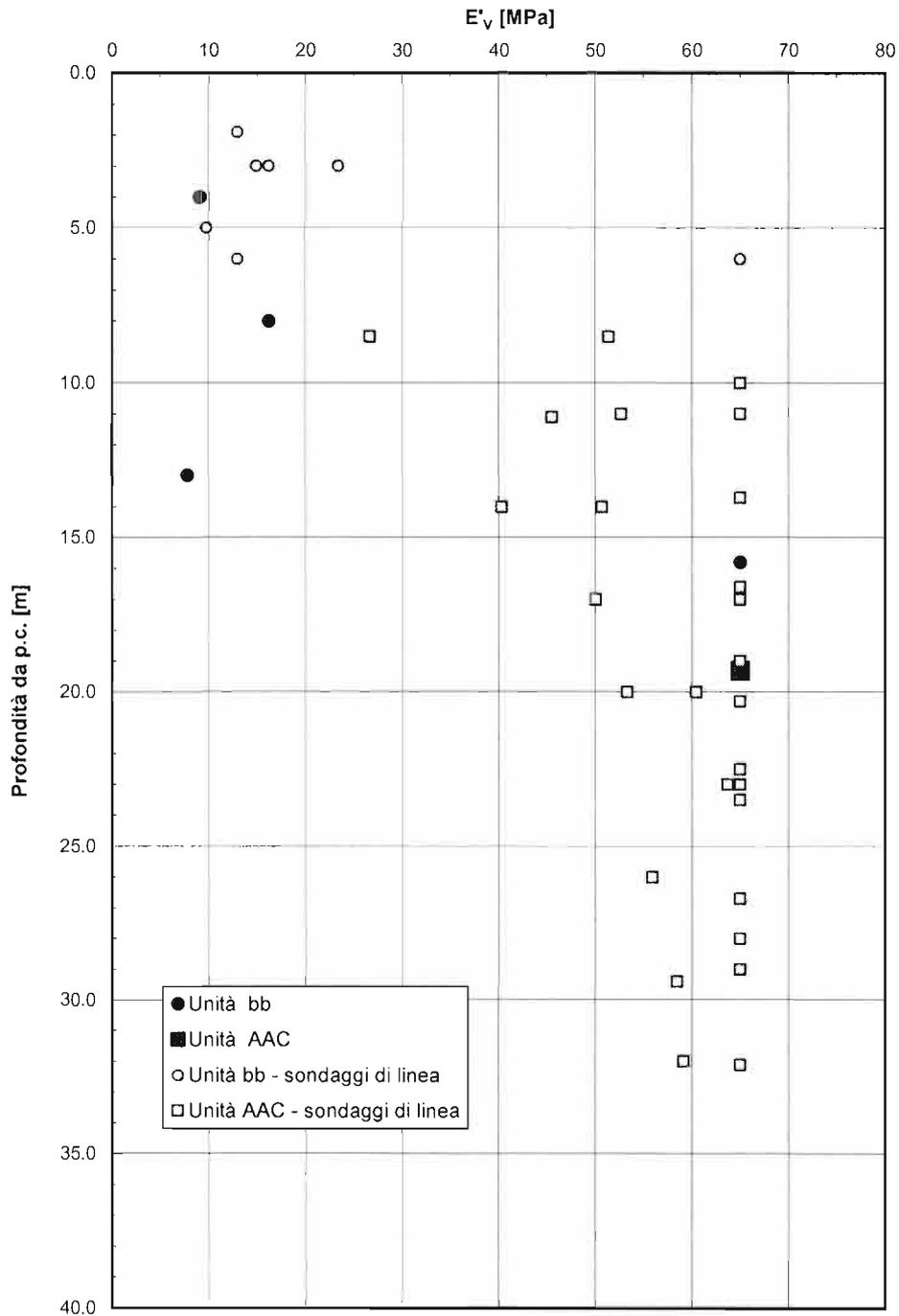


Figura 12 – Modulo elastico di deformazione operativo

	<b>PROGETTO DEFINITVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

## 6 CLASSIFICAZIONE SISMICA

### 6.1 Risposta sismica

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

I risultati dello studio di pericolosità sono forniti, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km) e nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ), del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale ( $F_0$ ), del periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale ( $T_c^*$ );
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno ( $T_r$ ) ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

Pertanto, per individuare, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche occorre fissare:

- la vita di riferimento ( $V_R$ ) della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento ( $P_{V_R}$ ) associate a ciascuno degli stati limite considerati.

Infatti, fissata la vita di riferimento ( $V_R$ ),  $T_r$  è esprimibile in funzione di  $P_{V_R}$  mediante l'espressione:

$$T_r = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

La vita di riferimento è calcolata come:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove

$V_N$  è la vita nominale dell'opera e  $C_U$  è la classe d'uso.

Si è posto  $V_N = 50$  anni e  $C_U = 1.0$ , sicché  $V_R = 50$  anni.

Nota l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido ( $a_g$ ), l'accelerazione di picco ( $a_{max}$ ) è valutata sulla base della risposta sismica locale:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove  $S_S$  è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione stratigrafica,  $S_T$  è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione topografica.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

La classificazione della categoria di sottosuolo viene eseguita sulla base di misure dirette dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità  $V_{s,30}$ .

Si può ricavare il parametro  $V_{s,30}$  mediante la relazione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Per la viabilità NI10 in esame si considera una categoria di sottosuolo di tipo C in quanto nei depositi alluvionali recenti su substrato argilloso, le prove sismiche MASW eseguite, hanno condotto ad una categoria di sottosuolo di tipo C, (B si è rinvenuta nei depositi alluvionali terrazzati), come si evince dalla Tabella 2 del paragrafo 4.1.2.

Nel seguito si riportano i parametri e gli spettri dell'azione sismica SLD e SLV nella zona di Catenanuova (EN), caratterizzata dalla massima accelerazione del suolo, per un sottosuolo di categoria C, in condizioni topografiche T1.

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE: 14,6929      LATTITUDINE: 37,5709

REGIONE: Sicilia      PROVINCIA: Enna      COMUNE: Catenanuova

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

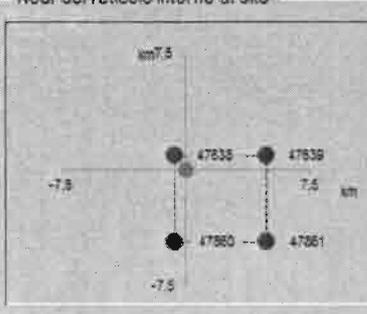
Variabilità dei parametri

---

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

### Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

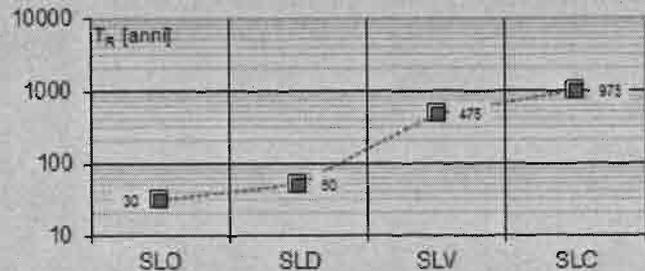
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{V,R} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>
	SLD - $P_{V,R} = 63\%$	<input type="text" value="50"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{V,R} = 10\%$	<input type="text" value="475"/>
	SLC - $P_{V,R} = 5\%$	<input type="text" value="975"/>

### Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

### Strategia di progettazione



### LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

**Parametri e spettro di progetto SLD:**

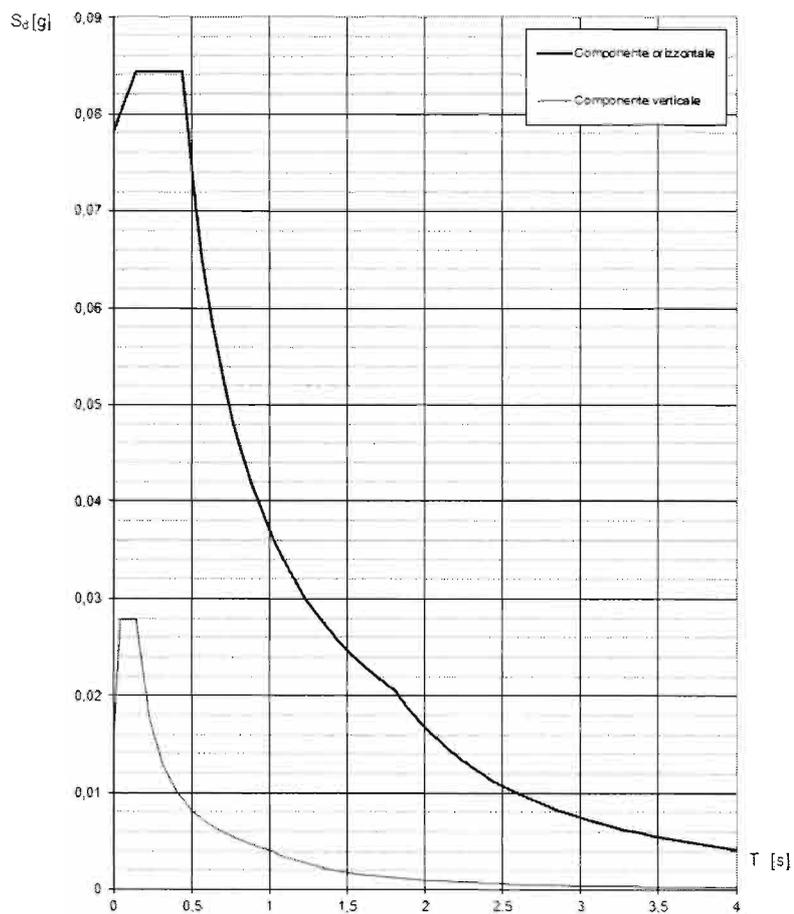
**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0,052 g
$F_g$	2,595
$T_c$	0,272 s
$S_B$	1,500
$C_0$	1,613
$S_T$	1,000
$q$	2,400

**Parametri dipendenti**

$S$	1,500
$\eta$	0,417
$T_B$	0,146 s
$T_C$	0,439 s
$T_D$	1,808 s

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**



**Parametri e spettro di progetto SLV:**

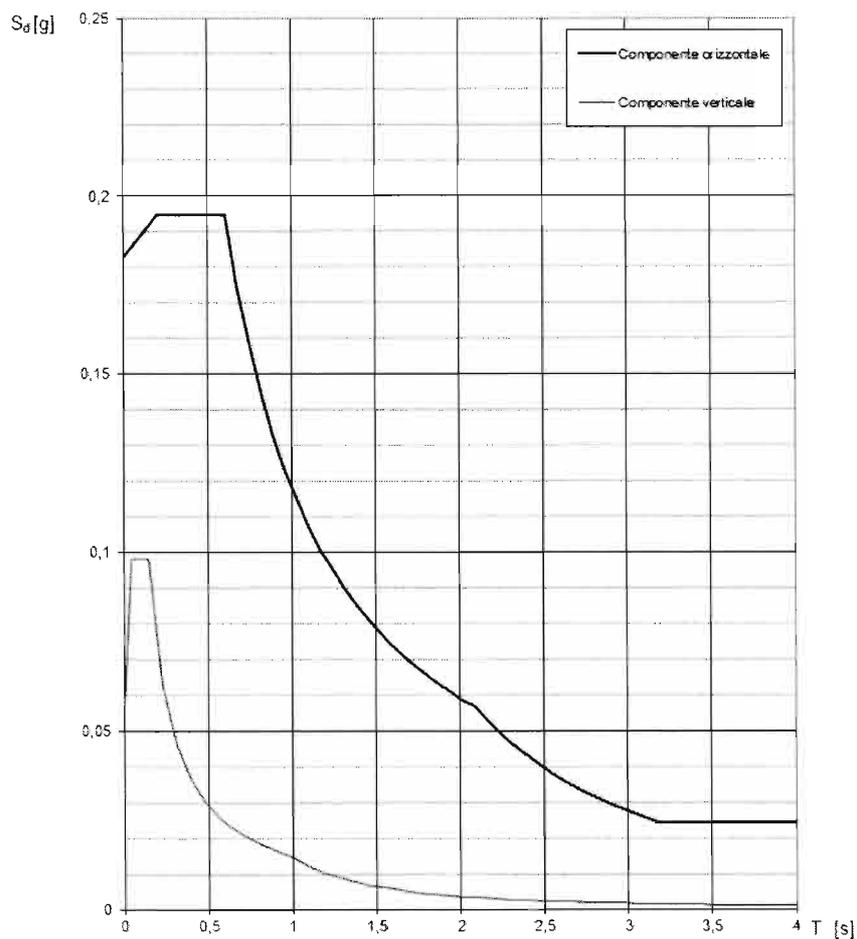
**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_b$	0,122 g
$F_b$	2,560
$T_c$	0,442 s
$S_b$	1,500
$C_c$	1,375
$S_r$	1,000
$q$	2,400

**Parametri dipendenti**

$S$	1,500
$\eta$	0,417
$T_B$	0,203 s
$T_C$	0,608 s
$T_D$	2,087 s

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RSOT	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

## 6.2 Liquefazione

Per quanto concerne la suscettibilità alla liquefazione dei terreni di fondazione, le NTC08 al paragrafo 7.11.3.4.2 affermano che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di free-field minori di 0.1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Figura 13 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 14 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .

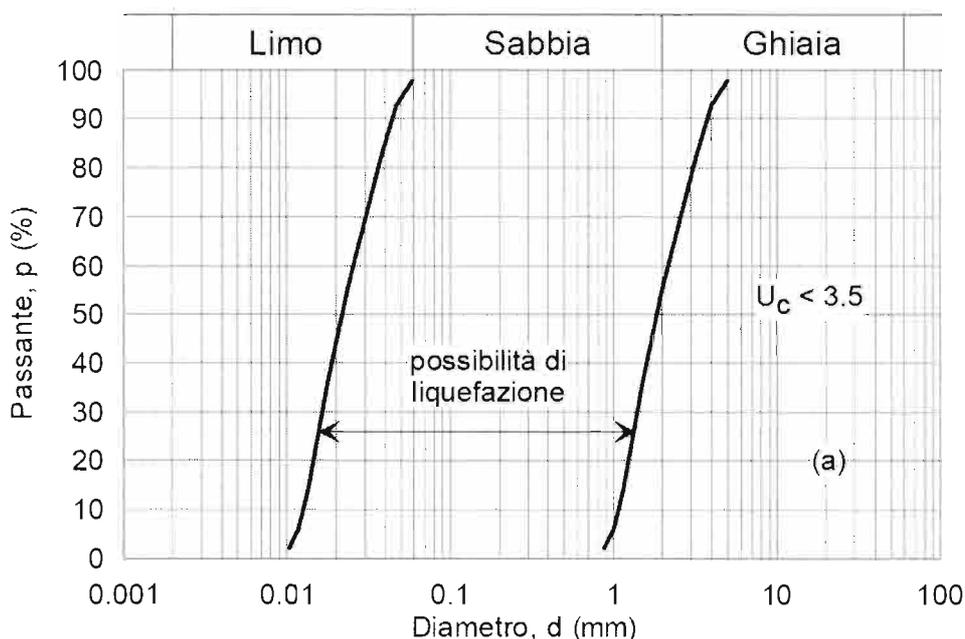


Figura 13 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione per  $U_c < 3.5$

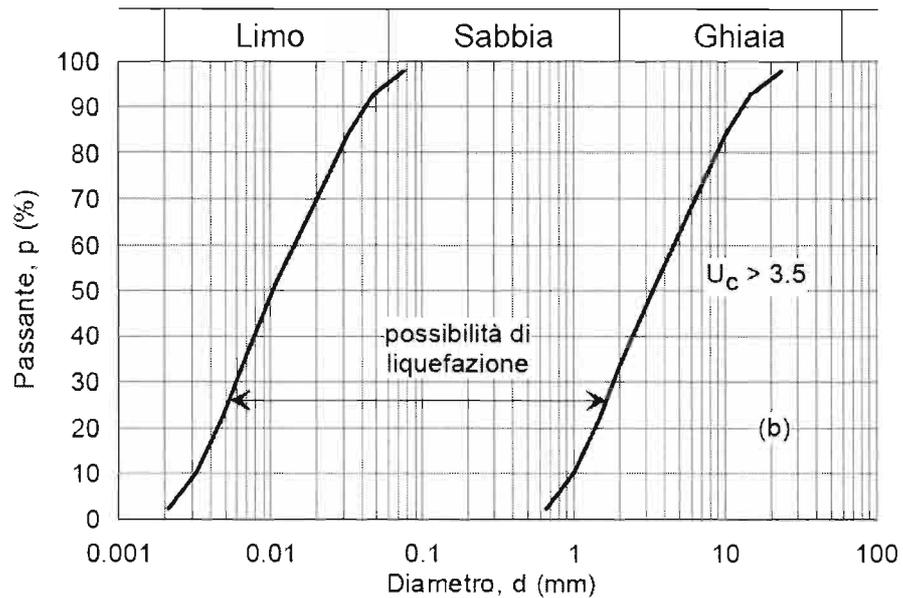


Figura 14 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione per  $U_c > 3.5$

Per il tracciato della viabilità in esame, sulla base delle descrizioni stratigrafiche riportate nelle schede di sondaggio, del livello di falda misurato e del numero di colpi  $N_{spt}$ , non si rilevano zone con potenziale suscettibilità alla liquefazione.

## 7 RILEVATI

Per la viabilità in esame si prevedono rilevati di altezza massima 4.5 m aventi scarpate con pendenza 2 (verticale) / 3 (orizzontale). Nel presente capitolo si riportano le valutazioni dei cedimenti e del loro decorso nel tempo e le analisi di stabilità delle scarpate.

### 7.1 Analisi dei cedimenti

La valutazione dei cedimenti dei rilevati è stata effettuata con il programma di calcolo CED (G. Guiducci) considerando l'ipotesi di rilevato illimitato.

Nella valutazione dei cedimenti e quindi nella determinazione dello spessore compressibile, si sono considerati i contributi degli strati in corrispondenza dei quali l'incremento della tensione ottaedrica risulta superiore o uguale a 10 volte la tensione geostatica efficace.

La valutazione dei cedimenti è stata condotta considerando la massima altezza di rilevato pari a 4.5 m circa, larghezza piattaforma superiore 11 m e pendenza scarpate 2 (verticale) / 3 (orizzontale).

Nella seguente tabella si riassume la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto.

*Tabella 10 – Stratigrafia e parametri geotecnici per calcolo cedimenti*

Stratigrafia			Parametri geotecnici		
Unità	Da [m]	a [m]	E' [MPa]	Eu [MPa]	cu [kPa]
Bb	0.0	16.5	12.0	350 · cu	50÷75
AAC	16.5	40.0	50÷65	500 · cu	300÷400

Nell'Appendice A sono riportate le metodologie generali per il calcolo dei cedimenti ed i tabulati di calcolo completi. Nella seguente tabella si riassumono i principali risultati.

*Tabella 11 – Cedimenti in asse rilevato*

Cedimenti rilevato H=4.5m	
Cedimento totale [mm]	94.8
Cedimenti immediato [mm]	27.5
Cedimento consolidazione [mm]	67.3

I cedimenti totali massimi stimati in asse rilevato sono dell'ordine di 9 cm, i cedimenti immediati 3 cm circa e quelli di consolidazione 6 cm circa.

Per la stima del decorso dei cedimenti nel tempo si è considerato (vedasi 5.2.2.3):

$c_v = 3.87 \cdot E 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  coefficiente di consolidazione verticale ( $LL_{\text{medio}} = 53\%$ ).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

$\alpha = 0.0023$  coefficiente di consolidazione secondario ( $W_{N,medio} = 22\%$ ).

$H_c = 30.0$  m spessore di consolidazione.

Nella seguente figura si riporta quindi il decorso dei cedimenti nel tempo. Si tratta comunque di cedimenti modesti compatibili con la funzionalità delle opere e comunque che soddisfano le prescrizioni di capitolato.

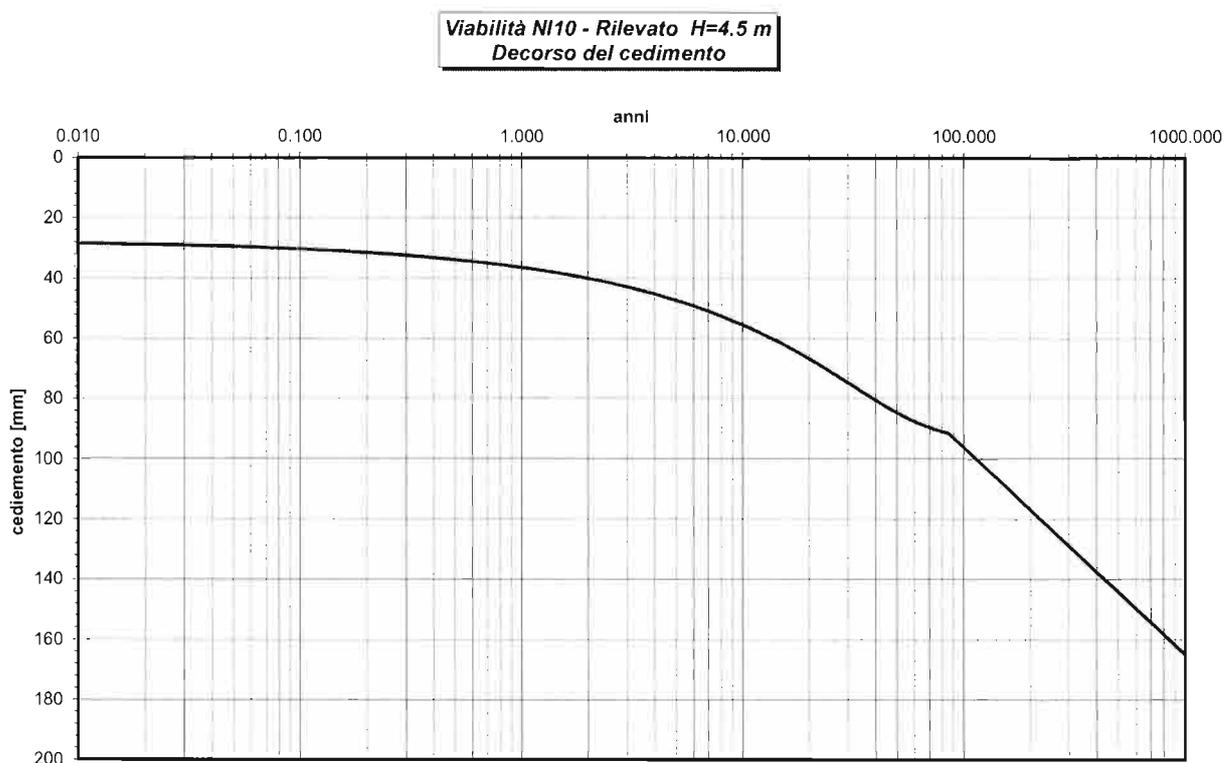


Figura 15 – Decorso dei cedimenti nel tempo

## 7.2 Piani di posa

Dal sondaggio realizzato D35 risulta uno spessore di riporto/coltre vegetale limoso argillosa di 0.45 m. Ciò nonostante, per quanto concerne la preparazione del piano di posa dei rilevati, si segnala la necessità di eseguire, oltre allo scotico di 50 cm, la bonifica mediante sostituzione (sp. 0.50m), in quanto, considerato che la viabilità si sviluppa completamente nelle aree coltivate, si stima che lo spessore di coltre di terreno vegetale stimato sia pari a circa 1.00m. In ogni modo, la conferma dello spessore di bonifica si avrà nella successiva fase progettuale, in seguito all'esecuzione di pozzetti esplorativi.

Qualora raggiunto il piano di posa del rilevato si rinvenissero ancora porzioni di materiale rammollito, coltre vegetale o comunque terreno non idoneo quale piano di posa, si provvederà ad ulteriore bonifica.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

### 7.3 Analisi di stabilità

#### 7.3.1 Metodologie di calcolo

L'analisi di stabilità di rilevati è stata svolta sia in condizioni statiche che sismiche.

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato un codice di calcolo denominato PCSTASBL5M (Purdue University) in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari.

Nelle analisi sono state ovviamente tralasciate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite.

Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{disp}}{\int_S \tau_{mob}}$$

Le metodologie di calcolo generali sono esplicitate nell'Appendice B.

In accordo alla normativa vigente per rilevati in materiali sciolti e fronti di scavo, le analisi di stabilità vengono condotte secondo la combinazione (A2+M2+R2).

Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali di seguito riportati.

$\gamma_{\varphi} = 1.25$                       coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio

$\gamma_{c'} = 1.25$                       coefficiente parziale per la coesione drenata

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$\tan(\varphi'_k) = \tan(\varphi'_k) / \gamma_{\varphi}$               angolo di resistenza al taglio

$c'_k = c'_k / \gamma_{c'}$                       coesione drenata

Inoltre nelle verifiche sono stati considerati agenti sul rilevato, i seguenti carichi accidentali stradali uniformemente distribuiti:

- in condizioni sismiche SLU si è considerato  $q = 20 \cdot 0.6 = 12$  kPa ( $\psi_2 = 0.6$ );
- in condizioni statiche SLU si è considerato  $q = 26$  kPa considerando il coefficiente parziale per le azioni  $\gamma_F = 1.3$ .

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 ( $\gamma_R$ ).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

Pertanto il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare è  $FS \geq 1.1$ .

In accordo alla normativa vigente l'analisi sismica allo stato limite ultimo (SLU sismico) viene condotta considerando i parametri del terreno abbattuti con i coefficienti parziali precedentemente riportati ed il coefficiente di sicurezza dovrà risultare  $\geq 1.1$ .

Le analisi di stabilità dei rilevati sono state effettuate prendendo in considerazione sia superfici di scorrimento che interessano il solo corpo del rilevato sia superfici di scorrimento che intercettano anche i terreni di fondazione; nelle analisi non si è invece tenuto conto, cautelativamente, della presenza dello spessore di scotico al di sotto del piano campagna e dell'eventuale ulteriore spessore di bonifica.

#### **Azioni sismiche per analisi di stabilità rilevati**

In generale, il metodo pseudo-statico modella l'azione sismica considerando in luogo delle azioni dinamiche azioni statiche equivalenti ovvero forze statiche orizzontali  $f_h$  e verticali  $f_v$  per unità di volume, d'intensità pari al prodotto fra il peso specifico del corpo  $\gamma$  sottoposto all'azione dinamica ed un coefficiente sismico:

$$f_h = \gamma \cdot k_h \quad \text{forza orizzontale per unità di volume}$$

$$f_v = \gamma \cdot k_v \quad \text{forza verticale per unità di volume}$$

dove:

$\gamma$  = peso specifico del volume considerato.

In accordo alla normativa vigente per le analisi in esame, la componente orizzontale ( $a_h$ ) dell'accelerazione può essere legata all'accelerazione massima attraverso la seguente relazione:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = \pm k_h / 2$$

dove:

$k_h$  = coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$k_v$  = coefficiente sismico in direzione verticale;

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione che dipende dall'accelerazione massima e dalla categoria di suolo come riportato in

Tabella 12

*Tabella 12 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito*

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.3	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

Per le verifiche di stabilità si può considerare cautelativamente un valore dell'accelerazione massima su suolo di riferimento rigido  $a_g = 0.122 \cdot g$  (vedasi paragrafo 6.1). Quindi con riferimento a:

$a_g = 0.122 \cdot g$	accelerazione massima sul suolo di riferimento rigido;
$S_S = 1.50$	coefficiente di amplificazione stratigrafica locale, categoria di suolo tipo C;
$S_T = 1.0$	coefficiente di amplificazione topografica;
$a_{max}/g = S_S \cdot S_T \cdot a_g/g = 0.183 \cdot g$	accelerazione massima orizzontale di progetto;

risulta:

$$k_b = \beta_s \cdot a_{max} / g = 0.044$$

$$k_v = \pm k_b / 2 = \pm 0.022$$

dove:

$$\beta_s = 0.24 \text{ (dipende dall'accelerazione massima e dalla categoria di suolo, tipo C nel caso in esame).}$$

Quindi i parametri geotecnici dei terreni assunti nelle verifiche sono i seguenti:

#### **Unità bb – argilla limosa**

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata

#### **Unità R – Rilevato stradale**

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

Falda a profondità maggiore di 9 m dal p.c..

Per le verifiche di stabilità sono stati considerati i seguenti parametri, abbattuti secondo i fattori indicati al paragrafo precedente:

#### **Unità bb – argilla limosa**

$\varphi' = 20.5^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 4 \text{ kPa}$	coesione drenata

#### **Unità R – Rilevato stradale**

$\varphi' = 29.3^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

### **7.3.2 Risultati delle verifiche di stabilità**

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità in condizioni statiche e sismiche SLU secondo le metodologie precedentemente esposte. I coefficienti di sicurezza alla stabilità sono sempre maggiori del

valore minimo prescritto da normativa ( $FS \geq 1.1$ ), come si evince dalle seguenti figure, pertanto le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

Nelle successive figure si presentano le superfici di scivolamento a cui competono i coefficienti di sicurezza più bassi. I tabulati di calcolo completi sono riportati nell'Appendice B.

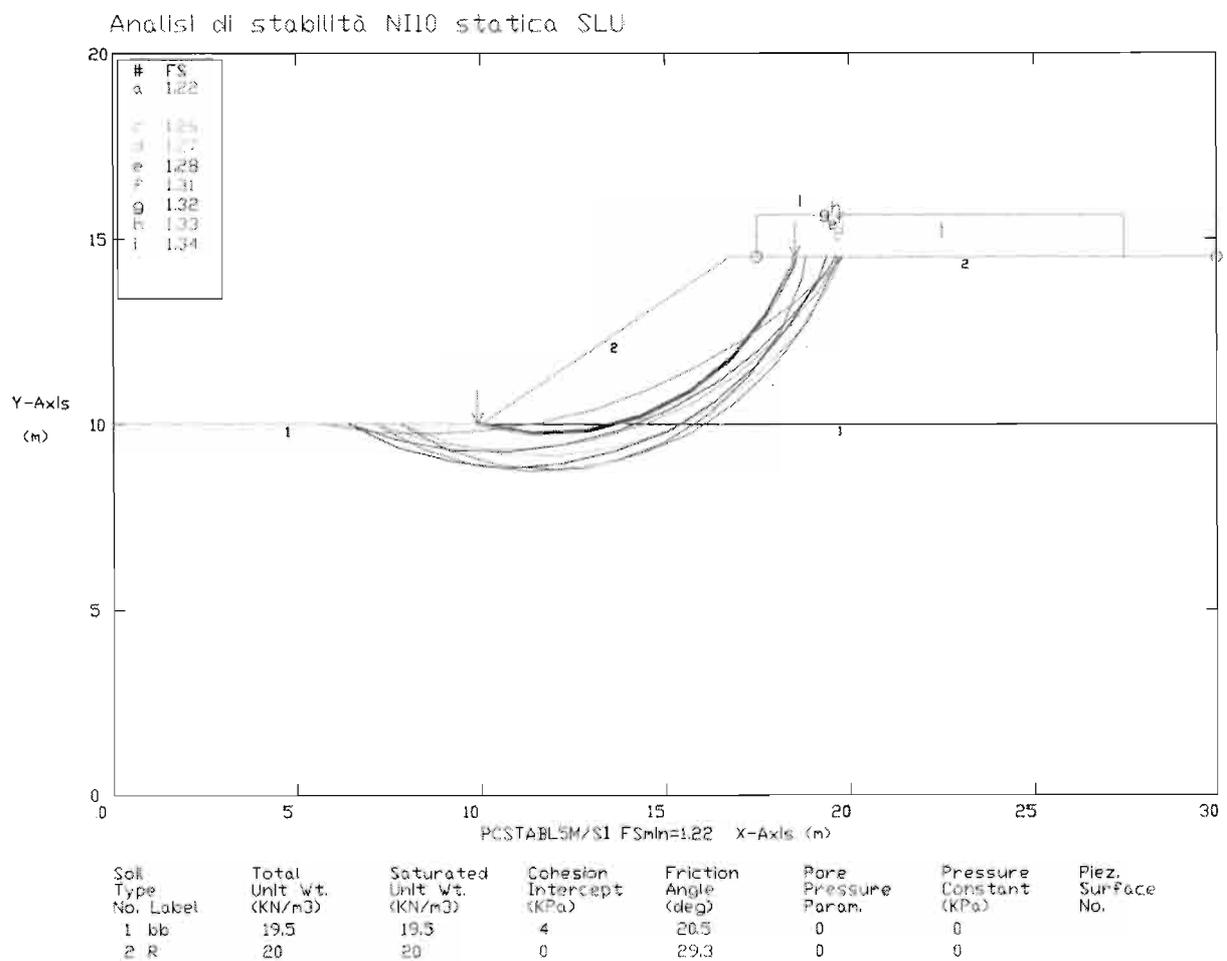


Figura 16 – Analisi stabilità – statica SLU

Analisi di stabilità NI10 sismica SLU

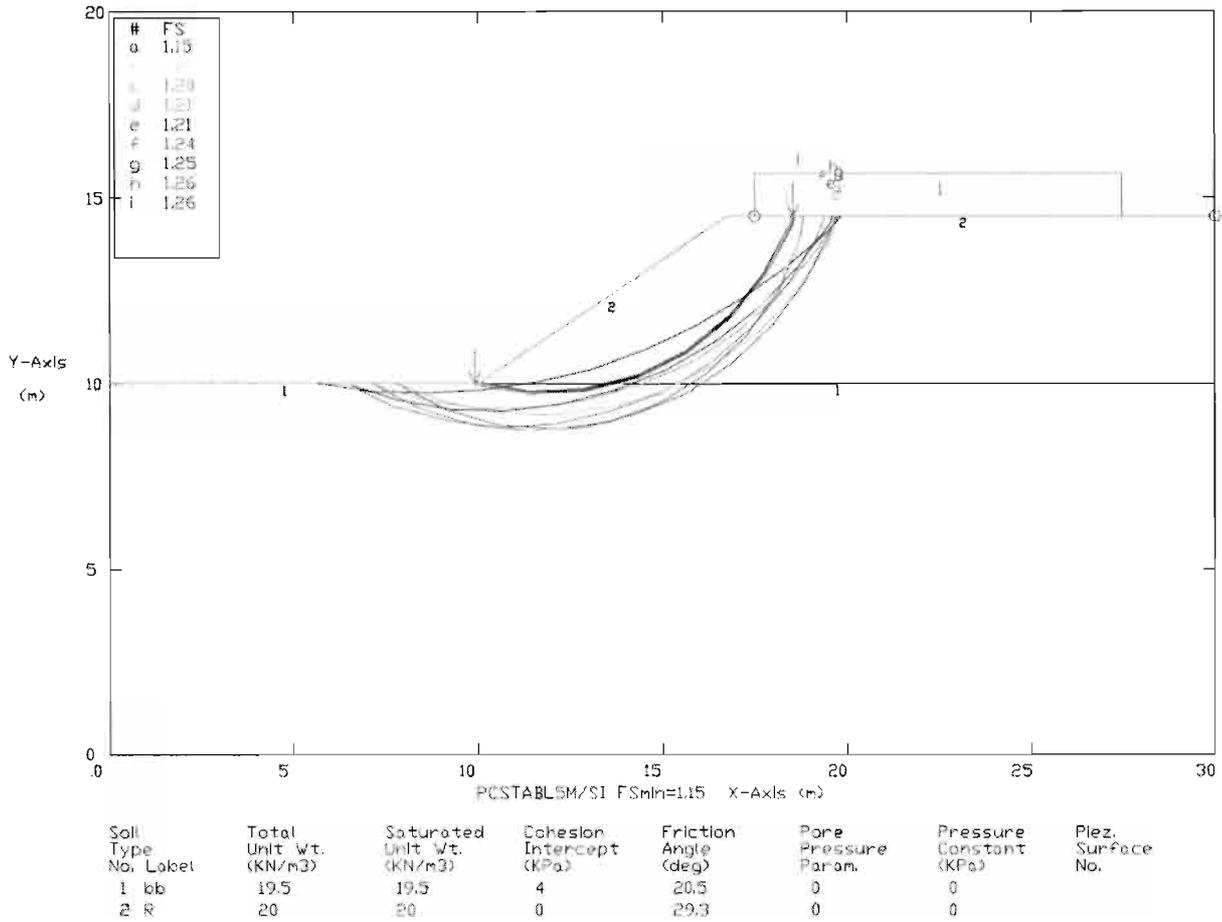


Figura 17 – Analisi stabilità – sismica SLU

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

## 8 PONTE VALLONE PETROSO

E' previsto un ponte per lo scavalco del Vallone Petroso, per il quale si prevedono fondazioni profonde su pali trivellati di grande diametro (D=1000 mm, D=1200 mm), in relazione ai carichi agenti in fondazione ed alla natura dei terreni in esame.

In corrispondenza dell'opera è stato eseguito il sondaggio D35, per il dimensionamento delle fondazioni si distingue la seguente stratigrafia e si possono associare i seguenti parametri geotecnici cautelativi in accordo a quanto riportato nel capitolo 5:

<b>Unità bb – argilla limosa</b>	da 0.0 a 16.5 m:
$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 50\div 75 \text{ kPa}$	resistenza al taglio non drenata

<b>Unità AAC – argille marnose</b>	da 16.5 a 40.0 m:
$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 300\div 450 \text{ kPa}$	resistenza al taglio non drenata

Falda: a profondità di 9.4 m dal p.c. (+123.3 m s.l.m.).

### 8.1 Metodologia di valutazione della capacità portante pali

#### 8.1.1 Analisi agli stati limite

Le verifiche di capacità portante dei pali vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente (DM 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni"). La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{c,d} < R_{c,d}$$

essendo

$$R_{c,d} = R_k / \gamma_R$$

dove:

$F_{c,d}$  = carico assiale di progetto;

$R_{c,d}$  = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

$R_k$  = valore caratteristico della capacità portante limite del palo.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

In particolare le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento ad almeno uno dei due approcci, tenendo conto dei coefficienti parziali di riferimento normativo:

Approccio 1:

Combinazione 1: A1 + M1 + R1

Combinazione 2: A2 + M1 + R2

Approccio 2:

Combinazione 1: A1 + M1 + R3

La resistenza di progetto a compressione  $R_{c,d}$  è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nella tabella seguente, relativi alla condizione di pali trivellati. Il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  a compressione è ottenuto applicando i fattori di correlazione  $\xi_3$  e  $\xi_4$  (vedasi tabella seguente) alle resistenze di calcolo  $R_{c,cal}$ ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative.

Per il caso in esame si considera  $\xi_3$  pari a 1.70, relativo ad una sola verticale di indagine. Quindi la resistenza di calcolo può essere espressa mediante l'espressione seguente:

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_R} = \min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} / \gamma_R$$

In condizioni sismiche le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vanno condotte con riferimento all'Approccio 2 (A1+M1+R3), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella successiva tabella e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari all'unità.

Tabella 13. Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tabella 14. Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

Nel caso in esame si è scelto di valutare la capacità portante dei pali con riferimento all'Approccio 2 (A1+M1+R3), e quindi con i coefficienti parziali riportati nella successiva tabella.

Tabella 15 – Coefficienti di sicurezza parziali la determinazione della resistenza di progetto

Palo trivellato Approccio 2: A1+M1+R3	$\xi_3$	$\gamma_R$
Base	1.70	1.35
Laterale compressione	1.70	1.15
Laterale trazione	1.70	1.25

### 8.1.2 Determinazione della resistenza di progetto a compressione

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) "Qd" può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{LL} / F_{SL} + Q_{BL} / F_{SB} - W'_p$$

dove:

$Q_{LL}$  = portata laterale limite,

$Q_{BL}$  = portata di base limite,

$W'_p$  = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato),

$F_{SL}$  = fattore di sicurezza per la portata laterale (=  $\gamma_R \cdot \xi_3$ ).

$F_{SB}$  = fattore di sicurezza per la portata di base (=  $\gamma_R \cdot \xi_3$ ).

### Portata laterale

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

$$Q_{LL} = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$

dove:

D = diametro palo,

$\tau_i$  = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,

$h_i$  = altezza dello strato i-esimo.

### Depositi coesivi

La tensione tangenziale per i terreni coesivi viene valutata con le seguenti espressioni:

- **unità bb – depositi alluvionali recenti:**

$$\tau_i = \alpha \cdot c_u \leq 100 \text{ kPa}$$

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

dove:

$c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate

$\alpha$  = parametro empirico assunto come indicato dalle AGI;

$\alpha = 0.90$  per  $c_u \leq 25$  kPa;

$\alpha = 0.80$  per  $25 \leq c_u \leq 50$  kPa

$\alpha = 0.65$  per  $50 \leq c_u \leq 75$  kPa;

$\alpha = 0.50$  per  $c_u \geq 75$  kPa.

- **unità AAC – substrato argillose marnose:**

$$\tau_i = \beta \cdot \sigma'_v \leq 120 \text{ kPa}$$

dove:

$\sigma'_v$  = tensione verticale efficace litostatica,

$\beta$  = coefficiente empirico, valutato con la correlazione di Burland (1993):

$$\beta = 0.10 + 0.40 C_u/S'_v$$

### Portata di base

La portata di base limite viene espressa mediante la seguente relazione:

$$Q_{BL} = A_p \cdot q_{BL}$$

dove:

$A_p$  = area della base del palo,

$q_{BL}$  = portata limite specifica di base.

### Depositi coesivi

La portata di base limite nei terreni coesivi viene valutata con la seguente relazione:

$$q_{BL} = 9 \cdot c_u + \sigma_v$$

dove:

$c_u$  = resistenza al taglio non drenata.

$\sigma_v$  = tensione verticale totale.

Nel caso di terreni stratificati, costituiti da alternanze di strati di limi e argille e di sabbie e ghiaie, i criteri di valutazione delle portate laterali limite rimangono analoghi a quelli descritti precedentemente. In accordo a quanto discusso in Meyerhof (1976) la portata di base negli strati sabbioso-ghiaiosi andrà abbattuta rispetto a quella caratteristica dello strato supposto omogeneo. In pratica nel caso di terreno stratificato, la mobilitazione dell'intera

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

resistenza di base disponibile è subordinato alla condizione che il palo penetri nello strato portante per almeno 3 diametri; viceversa mano a mano che la base del palo si avvicina ad uno strato inferiore di minore resistenza, la resistenza comincia a diminuire fino ad uguagliare al confine il valore che compete alla rottura dello strato più debole.

### 8.1.3 Determinazione della resistenza di progetto a trazione

La portata a trazione di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) “ $Q_d$ ” può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{LL} / F_{SL} + W'_p$$

dove:

$Q_{LL}$  = portata laterale limite (da determinarsi in conformità a quanto già descritto nel precedente paragrafo),

$W'_p$  = peso efficace del palo (alleggerito se sotto falda),

$F_{SL}$  = fattore di sicurezza per la portata laterale ( $= \gamma_R \cdot \xi_3$ ).

## 8.2 Valutazione capacità portante pali

Nel seguito si riportano le curve di capacità portante per pali trivellati di grande diametro ( $D = 1000$  mm e  $D = 1200$  mm) con le metodologie indicate al paragrafo precedente.

Cautelativamente per la valutazione della capacità portante dei pali si considera:

- testa palo a p.c. per la presenza dell'alveo del Vallone Petroso (scalzamento);
- falda a p.c. per la possibile presenza di acqua del Vallone Petroso.

Nell'Appendice C sono riportati i tabulati di calcolo completi.

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RSOT	00	D78 RH	GE0005001	A	50 di 102

**Tabella 16 – Capacità portante palo D=1000 mm – SLU compressione (A1+M1+R3)**

 LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	353.	0.	353.	154.
.50	2.	366.	2.	367.	159.
1.00	8.	379.	4.	384.	166.
1.50	18.	392.	6.	405.	175.
2.00	33.	405.	8.	430.	186.
2.50	51.	418.	10.	460.	199.
3.00	74.	432.	12.	494.	214.
3.50	101.	445.	14.	531.	231.
4.00	131.	458.	16.	573.	251.
4.50	166.	471.	18.	619.	272.
5.00	205.	484.	20.	669.	296.
5.50	248.	497.	22.	723.	322.
6.00	295.	510.	24.	781.	350.
6.50	347.	523.	26.	844.	380.
7.00	402.	536.	27.	910.	412.
7.50	462.	549.	29.	981.	446.
8.00	524.	562.	31.	1055.	482.
8.50	588.	575.	33.	1130.	518.
9.00	653.	588.	35.	1205.	555.
9.50	718.	601.	37.	1282.	592.
10.00	784.	614.	39.	1359.	629.
10.50	851.	627.	41.	1437.	667.
11.00	919.	640.	43.	1515.	706.
11.50	987.	653.	45.	1595.	744.
12.00	1057.	666.	47.	1675.	783.
12.50	1127.	679.	49.	1756.	823.
13.00	1197.	692.	51.	1838.	863.
13.50	1269.	705.	53.	1921.	903.
14.00	1341.	718.	55.	2004.	944.
14.50	1414.	731.	57.	2088.	985.
15.00	1488.	744.	59.	2173.	1026.
15.50	1563.	757.	61.	2259.	1068.
16.00	1638.	770.	63.	2345.	1111.
16.50	1728.	783.	65.	2446.	1160.
17.00	1903.	1078.	67.	2915.	1376.
17.50	2091.	1374.	69.	3397.	1600.
18.00	2280.	1669.	71.	3879.	1823.
18.50	2468.	1965.	73.	4361.	2046.
19.00	2657.	2260.	75.	4843.	2269.
19.50	2845.	2556.	77.	5325.	2493.
20.00	3034.	2586.	79.	5542.	2600.
20.50	3222.	2617.	81.	5759.	2708.
21.00	3411.	2647.	82.	5975.	2816.
21.50	3599.	2677.	84.	6192.	2923.
22.00	3788.	2708.	86.	6409.	3031.
22.50	3976.	2738.	88.	6626.	3139.
23.00	4165.	2769.	90.	6843.	3246.
23.50	4353.	2799.	92.	7060.	3354.
24.00	4542.	2829.	94.	7277.	3462.
24.50	4730.	2860.	96.	7494.	3570.
25.00	4919.	2890.	98.	7711.	3677.
25.50	5107.	2921.	100.	7928.	3785.
26.00	5296.	2951.	102.	8145.	3893.
26.50	5484.	2982.	104.	8362.	4000.
27.00	5673.	3012.	106.	8579.	4108.
27.50	5861.	3042.	108.	8796.	4216.
28.00	6050.	3073.	110.	9013.	4324.
28.50	6238.	3103.	112.	9230.	4431.
29.00	6427.	3134.	114.	9447.	4539.
29.50	6615.	3164.	116.	9664.	4647.
30.00	6804.	3194.	118.	9880.	4754.
30.50	6992.	3225.	120.	10097.	4862.
31.00	7181.	3255.	122.	10314.	4970.
31.50	7369.	3286.	124.	10531.	5077.
32.00	7558.	3316.	126.	10748.	5185.
32.50	7746.	3347.	128.	10965.	5293.
33.00	7935.	3377.	130.	11182.	5401.
33.50	8123.	3407.	132.	11399.	5508.
34.00	8312.	3438.	134.	11616.	5616.
34.50	8500.	3468.	135.	11833.	5724.
35.00	8689.	3499.	137.	12050.	5831.
35.50	8877.	3529.	139.	12267.	5939.
36.00	9066.	3559.	141.	12484.	6047.
36.50	9254.	3590.	143.	12701.	6154.
37.00	9443.	3620.	145.	12918.	6262.
37.50	9631.	3651.	147.	13135.	6370.
38.00	9820.	3681.	149.	13352.	6478.



PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	51 di 102

38.50	10008.	3711.	151.	13549.	6585.
39.00	10197.	3742.	153.	13785.	6693.
39.50	10385.	3772.	155.	14002.	6801.
40.00	10574.	3803.	157.	14219.	6908.

$l_p$  = Lunghezza utile del palo  
 $Q_{l1}$  = Portata laterale limite  
 $Q_{b1}$  = Portata di base limite  
 $W_p$  = Peso efficace del palo  
 $Q_u$  = Portata totale limite  
 $Q_d$  = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS,l + Q_{b1}/FS,b - W_p$

Tabella 17 – Capacità portante palo  $D=1200$  mm – SLU compressione (A1+M1+R3)

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pali  $D=1200$  mm- Approccio 2 (A1+M1+R3)

STAMPA capacità portante e relativi contributi

$l_p$ m	$Q_{l1}$ kN	$Q_{b1}$ kN	$W_p$ kN	$Q_u$ kN	$Q_d$ kN
.00	0.	509.	0.	509.	222.
.50	2.	528.	3.	527.	228.
1.00	10.	546.	6.	551.	237.
1.50	22.	565.	8.	579.	249.
2.00	39.	584.	11.	612.	263.
2.50	62.	603.	14.	650.	280.
3.00	89.	621.	17.	693.	299.
3.50	121.	640.	20.	741.	321.
4.00	158.	659.	23.	794.	345.
4.50	199.	678.	25.	852.	372.
5.00	246.	696.	28.	914.	401.
5.50	298.	715.	31.	982.	433.
6.00	355.	734.	34.	1054.	467.
6.50	416.	753.	37.	1132.	504.
7.00	483.	771.	40.	1214.	543.
7.50	554.	790.	42.	1302.	585.
8.00	629.	809.	45.	1393.	629.
8.50	706.	827.	48.	1485.	674.
9.00	783.	846.	51.	1579.	719.
9.50	862.	865.	54.	1673.	764.
10.00	941.	884.	57.	1768.	810.
10.50	1021.	902.	59.	1865.	856.
11.00	1103.	921.	62.	1962.	903.
11.50	1185.	940.	65.	2060.	951.
12.00	1268.	959.	68.	2159.	998.
12.50	1352.	977.	71.	2259.	1047.
13.00	1437.	996.	74.	2359.	1095.
13.50	1523.	1015.	76.	2461.	1145.
14.00	1609.	1034.	79.	2564.	1194.
14.50	1697.	1052.	82.	2668.	1245.
15.00	1786.	1071.	85.	2772.	1295.
15.50	1875.	1090.	88.	2878.	1347.
16.00	1966.	1109.	90.	2984.	1398.
16.50	2074.	1127.	93.	3108.	1459.
17.00	2284.	1498.	96.	3686.	1725.
17.50	2510.	1869.	99.	4280.	1999.
18.00	2736.	2240.	102.	4874.	2274.
18.50	2962.	2611.	105.	5469.	2548.
19.00	3188.	2982.	107.	6063.	2823.
19.50	3415.	3353.	110.	6657.	3097.
20.00	3641.	3724.	113.	7252.	3372.
20.50	3867.	3768.	116.	7519.	3504.
21.00	4093.	3812.	119.	7786.	3636.
21.50	4319.	3855.	122.	8053.	3768.
22.00	4545.	3899.	124.	8320.	3900.
22.50	4772.	3943.	127.	8588.	4032.
23.00	4998.	3987.	130.	8855.	4164.
23.50	5224.	4031.	133.	9122.	4296.
24.00	5450.	4074.	136.	9389.	4428.
24.50	5676.	4118.	139.	9656.	4559.
25.00	5903.	4162.	141.	9923.	4691.
25.50	6129.	4206.	144.	10190.	4823.
26.00	6355.	4250.	147.	10458.	4955.
26.50	6581.	4293.	150.	10725.	5087.
27.00	6807.	4337.	153.	10992.	5219.
27.50	7034.	4381.	156.	11259.	5351.
28.00	7260.	4425.	158.	11526.	5483.
28.50	7486.	4469.	161.	11793.	5615.
29.00	7712.	4512.	164.	12061.	5747.
29.50	7938.	4556.	167.	12328.	5879.
30.00	8165.	4600.	170.	12595.	6011.



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	52 di 102

30.50	8391.	4644.	172.	12862.	6143.
31.00	8617.	4688.	175.	13129.	6275.
31.50	8843.	4731.	178.	13396.	6407.
32.00	9069.	4775.	181.	13664.	6539.
32.50	9296.	4819.	184.	13931.	6671.
33.00	9522.	4863.	187.	14198.	6803.
33.50	9748.	4907.	189.	14465.	6935.
34.00	9974.	4950.	192.	14732.	7067.
34.50	10200.	4994.	195.	14999.	7199.
35.00	10427.	5038.	198.	15267.	7331.
35.50	10653.	5082.	201.	15534.	7462.
36.00	10879.	5126.	204.	15801.	7594.
36.50	11105.	5169.	206.	16068.	7726.
37.00	11331.	5213.	209.	16335.	7858.
37.50	11558.	5257.	212.	16602.	7990.
38.00	11784.	5301.	215.	16870.	8122.
38.50	12010.	5345.	218.	17137.	8254.
39.00	12236.	5388.	221.	17404.	8386.
39.50	12462.	5432.	223.	17671.	8518.
40.00	12689.	5476.	226.	17938.	8650.

$l_p$  = Lunghezza utile del palo  
 $Q_{ll}$  = Portata laterale limite  
 $Q_{bl}$  = Portata di base limite  
 $W_p$  = Peso efficace del palo  
 $Q_u$  = Portata totale limite  
 $Q_d$  = Portata di progetto =  $Q_{ll}/FS,l + Q_{bl}/FS,b - W_p$

Tabella 18 – Capacità portante palo  $D=1000$  mm – SLU trazione (A1+M1+R3)

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pali  $D=1000$  mm- Approccio 2 (A1+M1+R3)-trazione

STAMPA capacità portante e relativi contributi

$l_p$ m	$Q_{ll}$ kN	$Q_{bl}$ kN	$W_p$ kN	$Q_u$ kN	$Q_d$ kN
0.00	0.	0.	0.	0.	0.
0.50	2.	0.	-6.	8.	7.
1.00	8.	0.	-12.	20.	15.
1.50	18.	0.	-18.	36.	26.
2.00	33.	0.	-24.	56.	39.
2.50	51.	0.	-29.	81.	54.
3.00	74.	0.	-35.	109.	70.
3.50	101.	0.	-41.	142.	89.
4.00	131.	0.	-47.	178.	109.
4.50	166.	0.	-53.	219.	131.
5.00	205.	0.	-59.	264.	155.
5.50	248.	0.	-65.	313.	182.
6.00	295.	0.	-71.	366.	210.
6.50	347.	0.	-77.	423.	240.
7.00	402.	0.	-82.	485.	272.
7.50	462.	0.	-88.	550.	306.
8.00	524.	0.	-94.	619.	341.
8.50	588.	0.	-100.	688.	377.
9.00	653.	0.	-106.	759.	413.
9.50	718.	0.	-112.	830.	450.
10.00	784.	0.	-118.	902.	487.
10.50	851.	0.	-124.	975.	524.
11.00	919.	0.	-130.	1049.	562.
11.50	987.	0.	-135.	1123.	600.
12.00	1057.	0.	-141.	1198.	639.
12.50	1127.	0.	-147.	1274.	677.
13.00	1197.	0.	-153.	1351.	717.
13.50	1269.	0.	-159.	1428.	756.
14.00	1341.	0.	-165.	1506.	796.
14.50	1414.	0.	-171.	1585.	836.
15.00	1488.	0.	-177.	1665.	877.
15.50	1563.	0.	-183.	1745.	918.
16.00	1638.	0.	-188.	1827.	959.
16.50	1728.	0.	-194.	1923.	1008.
17.00	1903.	0.	-200.	2103.	1096.
17.50	2091.	0.	-206.	2298.	1190.
18.00	2280.	0.	-212.	2492.	1285.
18.50	2488.	0.	-218.	2686.	1380.
19.00	2657.	0.	-224.	2881.	1474.
19.50	2845.	0.	-230.	3075.	1569.
20.00	3034.	0.	-236.	3270.	1663.
20.50	3222.	0.	-242.	3464.	1758.
21.00	3411.	0.	-247.	3658.	1853.



PROGETTO DEFINITVO

TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	53 di 102

21.50	3599.	0.	-253.	3853.	1947.
22.00	3788.	0.	-259.	4047.	2042.
22.50	3976.	0.	-265.	4241.	2136.
23.00	4165.	0.	-271.	4436.	2231.
23.50	4353.	0.	-277.	4630.	2326.
24.00	4542.	0.	-283.	4825.	2420.
24.50	4730.	0.	-289.	5019.	2515.
25.00	4919.	0.	-295.	5213.	2609.
25.50	5107.	0.	-300.	5408.	2704.
26.00	5296.	0.	-306.	5602.	2798.
26.50	5484.	0.	-312.	5797.	2893.
27.00	5673.	0.	-318.	5991.	2988.
27.50	5861.	0.	-324.	6185.	3082.
28.00	6050.	0.	-330.	6380.	3177.
28.50	6238.	0.	-336.	6574.	3271.
29.00	6427.	0.	-342.	6768.	3366.
29.50	6615.	0.	-348.	6963.	3461.
30.00	6804.	0.	-353.	7157.	3555.
30.50	6992.	0.	-359.	7352.	3650.
31.00	7181.	0.	-365.	7546.	3744.
31.50	7369.	0.	-371.	7740.	3839.
32.00	7558.	0.	-377.	7935.	3934.
32.50	7746.	0.	-383.	8129.	4028.
33.00	7935.	0.	-389.	8324.	4123.
33.50	8123.	0.	-395.	8518.	4217.
34.00	8312.	0.	-401.	8712.	4312.
34.50	8500.	0.	-406.	8907.	4407.
35.00	8689.	0.	-412.	9101.	4501.
35.50	8877.	0.	-418.	9296.	4596.
36.00	9066.	0.	-424.	9490.	4690.
36.50	9254.	0.	-430.	9684.	4785.
37.00	9443.	0.	-436.	9879.	4880.
37.50	9631.	0.	-442.	10073.	4974.
38.00	9820.	0.	-448.	10267.	5069.
38.50	10008.	0.	-454.	10462.	5163.
39.00	10197.	0.	-459.	10656.	5258.
39.50	10385.	0.	-465.	10851.	5353.
40.00	10574.	0.	-471.	11045.	5447.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

Tabella 19 – Capacità portante palo D=1200 mm – SLU trazione (A1+M1+R3)

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - N110  
 Pali D=1200 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)-trazione

STAMPA capacità portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	2.	0.	-8.	11.	10.
1.00	10.	0.	-17.	27.	22.
1.50	22.	0.	-25.	48.	36.
2.00	39.	0.	-34.	73.	52.
2.50	62.	0.	-42.	104.	71.
3.00	89.	0.	-51.	140.	93.
3.50	121.	0.	-59.	180.	116.
4.00	158.	0.	-68.	225.	142.
4.50	199.	0.	-76.	276.	170.
5.00	246.	0.	-85.	331.	201.
5.50	298.	0.	-93.	391.	234.
6.00	355.	0.	-102.	456.	269.
6.50	416.	0.	-110.	526.	306.
7.00	483.	0.	-119.	601.	346.
7.50	554.	0.	-127.	681.	388.
8.00	629.	0.	-136.	765.	432.
8.50	706.	0.	-144.	850.	476.
9.00	783.	0.	-153.	936.	521.
9.50	862.	0.	-161.	1023.	567.
10.00	941.	0.	-170.	1111.	613.
10.50	1021.	0.	-178.	1200.	659.
11.00	1103.	0.	-187.	1289.	706.
11.50	1185.	0.	-195.	1380.	753.
12.00	1268.	0.	-204.	1471.	800.



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS0T 00 D78 RH GE0005001 A 54 di 102

12.50	1352.	0.	-212.	1564.	848.
13.00	1437.	0.	-221.	1657.	897.
13.50	1523.	0.	-229.	1752.	946.
14.00	1609.	0.	-238.	1847.	995.
14.50	1697.	0.	-246.	1943.	1045.
15.00	1786.	0.	-254.	2040.	1095.
15.50	1875.	0.	-263.	2138.	1146.
16.00	1966.	0.	-271.	2237.	1197.
16.50	2074.	0.	-280.	2354.	1258.
17.00	2284.	0.	-288.	2572.	1363.
17.50	2510.	0.	-297.	2807.	1478.
18.00	2736.	0.	-305.	3041.	1593.
18.50	2962.	0.	-314.	3276.	1708.
19.00	3188.	0.	-322.	3511.	1823.
19.50	3415.	0.	-331.	3745.	1938.
20.00	3641.	0.	-339.	3980.	2053.
20.50	3867.	0.	-348.	4215.	2167.
21.00	4093.	0.	-356.	4449.	2282.
21.50	4319.	0.	-365.	4684.	2397.
22.00	4545.	0.	-373.	4919.	2512.
22.50	4772.	0.	-382.	5153.	2627.
23.00	4998.	0.	-390.	5388.	2742.
23.50	5224.	0.	-399.	5623.	2857.
24.00	5450.	0.	-407.	5857.	2972.
24.50	5676.	0.	-416.	6092.	3087.
25.00	5903.	0.	-424.	6327.	3202.
25.50	6129.	0.	-433.	6561.	3317.
26.00	6355.	0.	-441.	6796.	3432.
26.50	6581.	0.	-450.	7031.	3547.
27.00	6807.	0.	-458.	7265.	3662.
27.50	7034.	0.	-467.	7500.	3776.
28.00	7260.	0.	-475.	7735.	3891.
28.50	7486.	0.	-483.	7970.	4006.
29.00	7712.	0.	-492.	8204.	4121.
29.50	7938.	0.	-500.	8439.	4236.
30.00	8165.	0.	-509.	8674.	4351.
30.50	8391.	0.	-517.	8908.	4466.
31.00	8617.	0.	-526.	9143.	4581.
31.50	8843.	0.	-534.	9378.	4696.
32.00	9069.	0.	-543.	9612.	4811.
32.50	9296.	0.	-551.	9847.	4926.
33.00	9522.	0.	-560.	10082.	5041.
33.50	9748.	0.	-568.	10316.	5156.
34.00	9974.	0.	-577.	10551.	5271.
34.50	10200.	0.	-585.	10786.	5385.
35.00	10427.	0.	-594.	11020.	5500.
35.50	10653.	0.	-602.	11255.	5615.
36.00	10879.	0.	-611.	11490.	5730.
36.50	11105.	0.	-619.	11724.	5845.
37.00	11331.	0.	-628.	11959.	5960.
37.50	11558.	0.	-636.	12194.	6075.
38.00	11784.	0.	-645.	12428.	6190.
38.50	12010.	0.	-653.	12663.	6305.
39.00	12236.	0.	-662.	12898.	6420.
39.50	12462.	0.	-670.	13132.	6535.
40.00	12689.	0.	-679.	13367.	6650.

$l_p$  = Lunghezza utile del palo  
 $Q_{l1}$  = Portata laterale limite  
 $Q_{b1}$  = Portata di base limite  
 $W_p$  = Fuso efficace del palo  
 $Q_u$  = Portata totale limite  
 $Q_d$  = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS, l + Q_{b1}/FS, b - W_p$

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

## 9 APPENDICE A. ANALISI DEI CEDIMENTI. METODOLOGIE DI CALCOLO E TABULATI DI CALCOLO CED

### 9.1 Metodologie di calcolo

#### Analisi delle tensioni indotte nel sottosuolo dai carichi applicati in superficie

La valutazione dell'incremento dello stato tensionale indotto nel terreno dai carichi applicati viene condotta con riferimento a soluzioni basate sulle seguenti ipotesi semplificative:

- il terreno è schematizzato come un semispazio elastico lineare, omogeneo ed isotropo (modello di Boussinesq);
- l'area di carico è posta sulla superficie del semispazio ed è supposta di rigidità nulla.

Per una generica condizione di carico viene eseguita una discretizzazione in un numero finito di superfici rettangolari sulle quali è applicata una pressione uniforme.

Per ogni direttrice di calcolo del cedimento vengono valutati gli incrementi di tensione indotti da ogni singola superficie di carico componendo poi gli effetti.

La soluzione base impiegata è quella di Florin (1959) che fornisce gli incrementi di tensione in corrispondenza di una verticale passante per lo spigolo di un'area di carico rettangolare:

$$\delta\sigma_z = \frac{q}{2\pi} \cdot \left[ \tan^{-1} \frac{ab}{zR_3} + \frac{abz}{R_3} \cdot \left( \frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \right]$$

$$\delta\sigma_x = \frac{q}{2\pi} \cdot \left[ \tan^{-1} \frac{ab}{zR_3} - \frac{abz}{R_1^2 R_3} \right]$$

$$\delta\sigma_y = \frac{q}{2\pi} \cdot \left[ \tan^{-1} \frac{ab}{zR_3} - \frac{abz}{R_2^2 R_3} \right]$$

dove:

$\delta\sigma_z$  = incremento di tensione verticale,

$\delta\sigma_{x,y}$  = incrementi di tensioni orizzontali;

$$R_1^2 = (a^2 + z^2),$$

$$R_2^2 = (b^2 + z^2),$$

$$R_3^2 = (a^2 + b^2 + z^2);$$

q = carico applicato (pressione),

a = semilato dell'area di carico in direzione x



PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA  
NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	56 di 102

b = semilato dell'area di carico in direzione y

z = asse verticale.

### Calcolo dei cedimenti

Il cedimento (s) viene valutato, dopo avere discretizzato l'altezza significativa di terreno in "n" strati, in base alla seguente relazione:

$$z = Hc$$
$$s = \sum_{z=0} [(\delta\sigma_{z,i} - \nu(\delta\sigma_{x,i} + \delta\sigma_{y,i})) \cdot h_i / E'_i]$$
$$z = 0.$$

dove:

$E'_i$  = modulo di deformazione dello strato i-esimo;

$h_i$  = altezza dello strato i-esimo,

$Hc$  = altezza del volume di terreno significativo,

$\delta\sigma_z$  = incremento di tensione verticale,

$\delta\sigma_{x,y}$  = incrementi di tensioni orizzontali.

Il calcolo dei cedimenti è limitato agli strati di terreno che realisticamente risentono del carico applicato in superficie. Ciò è individuato entro la profondità  $Hc$  per cui:

$$\delta\sigma_z / \sigma'_{vo} > 0.10;$$

essendo:

$\sigma'_{vo}$  = tensione verticale efficace litostatica.

Il cedimento totale dato dagli strati coesivi (di bassa permeabilità) è generalmente dato dalla somma di tre contributi:

$$s_t = s_i + s_c + s_s$$

dove:

$s_t$  = cedimento totale;

$s_i$  = cedimento immediato; esso si sviluppa all'applicazione del carico, viene valutato con il modulo  $E_u$  (in condizioni non drenate).

$s_c$  = cedimento per consolidazione, con sviluppo completo al tempo in cui sarà avvenuta la completa dissipazione delle sovrappressioni interstiziali indotte dai carichi.

$s_s$  = cedimento secondario, dovuto a deformazioni viscosi del terreno con carico costante e pressioni interstiziali stabilizzate.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

Il contributo del cedimento secondario diventa importante in pochi casi, quando il cedimento dipende in gran parte da uno strato argilloso di rilevante spessore nel quale il completamento della consolidazione avviene in pochi mesi (inserimento di dreni verticali molto fitti).

Nei casi in cui il cedimento secondario può essere trascurato si valuterà:

$$s_t, \quad \text{con il modulo } E' \text{ (in condizioni drenate),}$$

$$s_i, \quad \text{con il modulo } E_u \text{ (in condizioni non drenate),}$$

$$s_c = s_t - s_i.$$

### Valutazione dei tempi di consolidazione

#### Consolidazione monodimensionale

L'analisi del processo di consolidazione consiste nella previsione del decorso nel tempo della dissipazione della sovrappressione interstiziale e quindi del cedimento.

Si tratta di un problema molto complesso del quale esistono in letteratura delle soluzioni relative a schemi semplificati che possono comunque fornire indicazioni per i problemi pratici.

La prima soluzione al problema monodimensionale è stata ottenuta da Terzaghi (1923) nell'ambito delle seguenti ipotesi:

- terreno omogeneo e completamente saturo, con legge sforzi-deformazione di tipo lineare;
- i parametri di compressibilità e di permeabilità sono costanti durante il processo di consolidazione;
- incompressibilità dell'acqua e dello scheletro solido del terreno;
- deformazioni piccole e comportamento del terreno non viscoso;
- il carico è supposto applicato istantaneamente;
- validità della legge di Darcy.

L'equazione differenziale che regola il fenomeno in regime transitorio è:

$$c_v \frac{d^2 u}{dz^2} = \frac{du}{dt}$$

dove:

$c_v$  = coefficiente di consolidazione verticale;

$u$  = sovrappressione interstiziale:  $u(z,t)$ ;

$z$  = dimensione (verticale);

$t$  = tempo;

$d$  = simbolo per derivata parziale.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RSOT	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

La soluzione dell'equazione dipende dalle condizioni iniziali:

- distribuzione delle sovrappressioni interstiziali all'atto dell'applicazione del carico;
- condizioni di drenaggio al contorno.

La soluzione è generalmente espressa in termini del parametro adimensionale "grado di consolidazione"  $U_v$  definito dal rapporto fra la sovrappressione dissipata e quella iniziale:

$$U_v(z,t) = \frac{u_0 - u(z,t)}{u_0} = 1 - \frac{u(z,t)}{u_0} = \frac{s_c(t)}{s_c}$$

dove:

- $u_0$  = sovrappressione iniziale;
- $u(z,t)$  = sovrappressione durante il transitorio;
- $s_c(t)$  = cedimento (per consolidazione) nel generico istante  $t$ ;
- $s_c$  = cedimento al termine del processo.

Una funzione che approssima la soluzione dell'equazione differenziale è stata proposta da Sivaram e Swamee - 1977 (vedasi "Geotecnica" di R. Lancellotta).

$$U_v = (4 \cdot T_v / \pi)^{0.5} / [1 + (4 \cdot T_v / \pi)^{2.8}]^{0.179}$$

dove:

- $T_v = c_v \cdot t / L_v^2$  fattore di tempo adimensionale
- $c_v = k_v \cdot E_d / \gamma_w$  coefficiente di consolidazione verticale
- $k_v$  = coefficiente di permeabilità verticale
- $E_d$  = modulo di compressibilità edometrica
- $\gamma_w$  = peso di volume dell'acqua
- $t$  = istante di tempo generico
- $L_v$  = massimo percorso di drenaggio.



PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CATENANUOVA - RADDUSA AGIRA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	59 di 102

## 9.2 Cedimenti totali

\*\*\* CED \*\*\*  
 Programma per l'analisi dei cedimenti  
 per aree di carico di rigidità nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA-N110  
 Rilevato illimitato - cedimento totale 14.5m

Coefficiente di Frolich = 4  
 $S'z$  a quota piano di posa = .0 kPa  
 Profondità falda = 9.0 m  
 Coefficiente di Poisson = .30

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

n.	Z in m	Z fin m	E in kPa	E fin kPa	G nat kN/m <sup>3</sup>	G eff kN/m <sup>3</sup>	N dv
1	.0	16.5	12000.	12000.	19.5	9.5	8
2	16.5	35.0	50000.	65000.	20.0	10.0	11
3	35.0	60.0	65000.	65000.	20.0	10.0	10

$S'z$  = tensione verticale efficace litostatica  
 $Z_{in}$  = profondità inizio strato  
 $Z_{fin}$  = profondità fine strato  
 $E_{in}$  = modulo elastico inizio strato  
 $E_{fin}$  = modulo elastico fine strato  
 $G_{nat}$  = peso di volume naturale  
 $G_{eff}$  = peso di volume efficace  
 $N_{dv}$  = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 4.5 m  
 Larghezza sommità = 11.0 m  
 Pendenza scarpate = .667 (vert/orizz)  
 Peso di volume = 20.0 kN/m<sup>3</sup>  
 Sovraccarico in sommità = .0 kPa



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	60 di 102

pag. / 2

CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI 10  
 Rilevato illimitato - cedimento totale H4.5m

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

N	Press. kPa	X c m	Y c m	X lato m	Y lato m	Carico kN
1	18.0	.00	.00	23.14	709.87	295.723
2	18.0	.00	.00	20.45	709.87	261.241
3	18.0	.00	.00	17.75	709.87	226.759
4	18.0	.00	.00	15.05	709.87	192.277
5	18.0	.00	.00	12.35	709.87	157.794
Carico totale =						1133.794 kN

pag. / 3

CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI 10  
 Rilevato illimitato - cedimento totale H4.5m

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m      Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	10 S'z	Σ medio
1.0	90.0	44.0	44.7	2.0	12000.
3.1	89.4	37.1	42.2	6.0	12000.
5.2	86.9	28.2	38.4	10.1	12000.
7.2	82.5	20.5	34.3	14.1	12000.
9.3	77.0	14.7	30.6	17.8	12000.
11.3	71.2	10.6	27.3	19.8	12000.
13.4	65.7	7.7	24.5	21.7	12000.
15.5	60.6	5.8	22.1	23.7	12000.
17.3	56.3	4.5	20.3	25.5	50682.
19.0	52.9	3.6	18.8	27.2	52045.
20.7	49.8	2.9	17.6	28.9	53409.
22.4	46.9	2.4	16.4	30.6	54773.
24.1	44.3	2.0	15.4	32.2	56136.
25.8	42.0	1.7	14.6	33.9	57500.
27.4	39.9	1.4	13.8	35.6	58864.
29.1	37.9	1.2	13.0	37.3	60227.

D S'z, x, y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
 S'z = tensione verticale efficace litostatica



**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**

**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	61 di 102

pag. / 4

CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA-NI 10  
Rilevato illimitato - cedimento totale H4.5m

RISULTATI relativi alla direttrice l

X = .00 m Y = .00 m

**Cedimenti totali**

Prof. m	Cedimento mm
.0	94.8
2.1	83.9
4.1	72.6
6.2	61.1
8.3	49.8
10.3	38.8
12.4	28.6
14.4	18.9
16.5	10.0
18.2	8.3
19.9	6.8
21.5	5.5
23.2	4.2
24.9	3.0
26.6	1.9
28.3	.9
30.0	.0

**Cedimenti parziali**

da m	a m	D cedim mm
.0	2.1	10.9
2.1	4.1	11.3
4.1	6.2	11.5
6.2	8.3	11.4
8.3	10.3	10.9
10.3	12.4	10.3
12.4	14.4	9.6
14.4	16.5	9.0
16.5	18.2	1.6
18.2	19.9	1.5
19.9	21.5	1.4
21.5	23.2	1.3
23.2	24.9	1.2
24.9	26.6	1.1
26.6	28.3	1.0
28.3	30.0	.9

Cedimento totale = 94.8 mm



PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA  
 NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	62 di 102

### 9.3 Cedimenti immediati

\*\*\* CED \*\*\*  
 Programma per l'analisi dei cedimenti  
 per aree di carico di rigidità nulla

(C) G. Guiducci - aprile 1999

pag. / 1

CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA-NI 10  
 Rilevato illimitato - cedimento immediato 114.5m

Coefficiente di Frolich = 3  
 S<sup>z</sup> a quota piano di posa = 1.0 kPa  
 Profondità falda = 9.0 m  
 Coefficiente di Poisson = .50

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

n.	Z in m	Z fin m	E in kPa	E fin kPa	G nat kN/m <sup>3</sup>	G eff kN/m <sup>3</sup>	N dv
1	0	16.5	17500.	26250.	19.5	9.5	8
2	16.5	35.0	150000.	150000.	20.0	10.0	11
3	35.0	60.0	200000.	200000.	20.0	10.0	10

S<sup>z</sup> = tensione verticale efficace litostatica  
 Z in = profondità inizio strato  
 Z fin = profondità fine strato  
 E in = modulo elastico inizio strato  
 E fin = modulo elastico fine strato  
 G nat = peso di volume naturale  
 G eff = peso di volume efficace  
 N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 4.5 m  
 Larghezza sommità = 11.0 m  
 Pendenza scarpate = .66 (vert/orizz)  
 Peso di volume = 20.0 kN/m<sup>3</sup>  
 Sovraccarico in sommità = 1.0 kPa

CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA-NI 10  
Rilevato illimitato - cedimento immediato H4.5m

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

N.	Press. kPa	X c m	Y c m	X lato m	Y lato m	Carico kN
1	18.0	.00	.00	23.14	709.87	295.723
2	18.0	.00	.00	20.45	709.87	261.241
3	18.0	.00	.00	17.75	709.87	226.759
4	18.0	.00	.00	15.05	709.87	192.277
5	18.0	.00	.00	12.35	709.87	157.794

Carico totale = 1133.794 kN

CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA-NI 10  
Rilevato illimitato - cedimento immediato H4.5m

RISULTATI relativi alla direttrice I

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	10 S'z	E medio
1.0	89.9	76.2	83.0	2.0	180000.
3.1	88.2	51.8	70.0	6.0	191000.
5.2	83.8	34.1	58.9	10.1	202300.
7.2	77.6	22.5	50.0	14.1	213200.
9.3	71.0	15.2	43.0	17.8	224220.
11.3	64.6	10.5	37.5	19.8	235160.
13.4	58.8	7.4	33.1	21.7	246090.
15.5	53.7	5.4	29.5	23.7	257030.
17.3	49.6	4.1	26.8	25.5	150000.
19.0	46.4	3.3	24.7	27.2	150000.
20.7	43.4	2.7	22.9	28.9	150000.
22.4	40.8	2.2	21.4	30.6	150000.
24.1	38.5	1.8	20.0	32.2	150000.
25.8	36.4	1.5	18.8	33.9	150000.

D S'z, x, y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
S'z = tensione verticale efficace litostatica



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	64 di 102

pag. / 4

CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA-NI 10  
 Rilevato illimitato - cedimento immediato H4.5m

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = 0.00 m Y = 0.00 m

**Cedimenti totali**

**Cedimenti parziali**

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim mm
0	27.5	0	2.1	1.2
2.1	26.3	2.1	4.1	2.9
4.1	23.4	4.1	6.2	3.8
6.2	19.6	6.2	8.3	4.0
8.3	15.6	8.3	10.3	3.9
10.3	11.7	10.3	12.4	3.6
12.4	8.2	12.4	14.4	3.2
14.4	4.9	14.4	16.5	2.9
16.5	2.0	16.5	18.2	2.4
18.2	1.6	18.2	19.9	2.4
19.9	1.3	19.9	21.5	2.3
21.5	.9	21.5	23.2	2.3
23.2	.6	23.2	24.9	2.3
24.9	.3	24.9	26.6	2.3
26.6	.0			

Cedimento totale = 27.5 mm

	<b>PROGETTO DEFINITVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS0T	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> D78 RH	<b>DOCUMENTO</b> GE0005001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 65 di 102

## 10 APPENDICE B. VERIFICHE DI STABILITA'. METODOLOGIE DI CALCOLO E TABULATI DI CALCOLO PCSTABL

### 10.1 Metodologie di calcolo

#### Verifiche di stabilità globali delle scarpate

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante un programma di calcolo denominato "STABL" (R.A. Siegel 1975) in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento, di norma a sviluppo circolare.

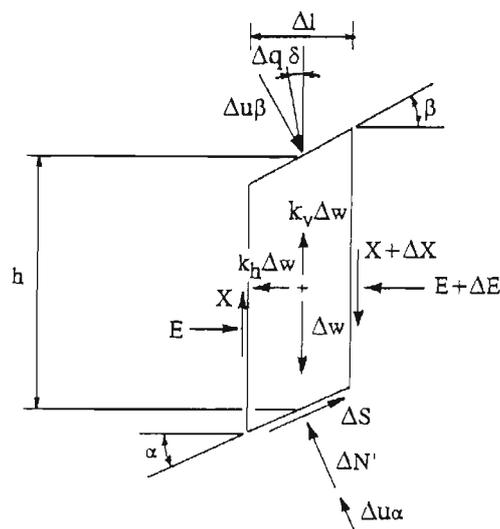
Il programma implementa il metodo di Carter (Bishop modificato - 1971), che conduce a valori del coefficiente di sicurezza ragionevolmente cautelativi.

Le modifiche riguardano essenzialmente l'estensione del metodo di Bishop a superfici diverse da quelle circolari, in particolare il programma permette di ricercare il minimo del coefficiente di sicurezza utilizzando superfici di forma qualsiasi, di solito generate con procedimenti numerici random.

Il criterio di rottura adottato è quello classico di Mohr-Coulomb.

Il valore che si ottiene del coefficiente di sicurezza rappresenta il rapporto fra la resistenza totale al taglio disponibile lungo la superficie di rottura e la forza totale di taglio mobilizzata lungo la stessa superficie.

Il metodo opera nell'ipotesi di stato piano di deformazione. Si può ragionevolmente ritenere che i fattori di sicurezza reali siano maggiori di quelli teorici valutati, tenuto conto dell'effetto tridimensionale. Nella figura seguente si riportano le forze che determinano l'equilibrio del concio elementare.



ove:

- $h$  = altezza media del conco
- $\Delta l$  = larghezza del conco
- $\alpha, \beta$  = inclinazione delle superfici inferiore e superiore rispetto all'orizzontale
- $\Delta q$  = risultante dei carichi distribuiti sulla superficie inclinati di un angolo qualsiasi  $\delta$  rispetto alla verticale
- $\Delta u_\alpha, \Delta u_\beta$  = risultanti della pressione neutra sulle facce inferiore e superiore
- $\Delta w$  = peso totale del conco
- $X$  = azione di taglio verticale tra i conchi
- $\Delta X$  = incremento dell'azione tagliante verticale
- $E$  = forza orizzontale agente sulla superficie verticale del conco
- $\Delta E$  = incremento della forza orizzontale
- $k_h, k_v$  = coefficienti moltiplicatori del peso  $\Delta w$  per tener conto di eventuali sollecitazioni sismiche orizzontali e verticali
- $S$  = risultante delle azioni tangenziali agenti alla base del conco
- $N'$  = sforzo normale agente alla base

**Programma STABL - Forze agenti sul conco di terreno**



PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA  
 NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	67 di 102

## 10.2 Analisi statica SLU

\*\* PCSTABL5M \*\*

by  
 Purdue University

--Slope Stability Analysis--  
 Simplified Janbu, Simplified Bishop  
 or Spencer's Method of Slices

Run Date: 03-02-15  
 Time of Run: 11:26am  
 Run by:  
 Input Data Filename: C:\H4.SI  
 Output Filename: C:\H4.OUTPUT  
 Unit: SI  
 Plotted Output Filename: C:\H4.PLT

PROBLEM DESCRIPTION: Analisi di stabilita' IN10  
 statica SLU

### BOUNDARY COORDINATES

3 Top Boundaries  
 4 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below End
1	0.00	10.00	10.00	10.00	1
2	10.00	10.00	16.75	14.50	2
3	16.75	14.50	30.00	14.50	2
4	10.00	10.00	30.00	10.00	1

### ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (kPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kPa)	Piez. Surface No.
1	19.5	19.5	4.0	20.5	.00	.0	0
2	20.0	20.0	.0	29.3	.00	.0	0

### BOUNDARY LOAD(S)

1 Load(s) Specified

Load No.	X-Left (m)	X-Right (m)	Intensity (kPa)	Reflection (deg)
1	17.50	27.50	26.0	.0

NOTE - Intensities Specified As A Uniformly Distributed Force Acting On A Horizontally Projected Surface.

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

225 Trial Surfaces Have Been Generated.



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	078 RH	GE0005001	A	68 di 102

15 Surfaces Initiate From Each Of 15 Points Equally Spaced  
 Along The Ground Surface Between X = 9.00 m  
 and X = 9.90 m

Each Surface Terminates Between X = 17.50 m  
 and X = 30.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation  
 At Which A Surface Extends Is Y = 1.00 m

1.50 m Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial  
 Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical  
 First.

\* \* Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method \* \*

Failure Surface Specified By 9 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	9.90	10.00
2	11.38	9.75
3	12.88	9.82
4	14.33	10.20
5	15.67	10.87
6	16.84	11.81
7	17.79	12.97
8	18.48	14.30
9	18.54	14.50

Circle Center At X = 11.8 ; Y = 16.9 and Radius, 7.2

\*\*\* 1.218 \*\*\*

Individual data on the 12 slices

Slice No.	Width (m)	Weight (N)	Water Force (N)		Tie Force Norm (N)	Tie Force Tan (N)	Earthquake Force (N)		Surcharge Load (N)
			Top	Bot			Hor	Ver	
1	.1	4.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	1.4	4948.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	1.5	14867.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
4	.7	9453.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
5	.8	11721.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
6	1.3	22890.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
7	1.1	18677.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
8	.1	1538.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	.7	9189.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
10	.3	3056.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	2321.0
11	.7	3633.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	5449.9
12	.1	33.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	433.0

Failure Surface Specified By 9 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	9.90	10.00
2	11.37	9.72
3	12.87	9.76
4	14.33	10.13
5	15.67	10.80
6	16.84	11.74
7	17.78	12.90
8	18.45	14.25
9	18.51	14.50

Circle Center At X = 11.9 ; Y = 16.7 and Radius, 7.0



PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA  
 NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	69 di 102

\*\*\* 1.229 \*\*\*

1

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	7.07	10.00
2	8.51	9.57
3	9.99	9.34
4	11.49	9.24
5	12.98	9.55
6	14.42	9.97
7	15.78	10.59
8	17.04	11.41
9	18.17	12.40
10	19.14	13.54
11	19.75	14.50

Circle Center At X = 10.8 ; Y = 19.7 and Radius, 10.4

\*\*\* 1.261 \*\*\*

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	7.78	10.00
2	9.18	9.47
3	10.65	9.18
4	12.15	9.14
5	13.64	9.36
6	15.07	9.82
7	16.40	10.51
8	17.59	11.41
9	18.62	12.50
10	19.45	13.75
11	19.79	14.50

Circle Center At X = 11.6 ; Y = 18.1 and Radius, 8.9

\*\*\* 1.272 \*\*\*

1

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.36	10.00
2	7.80	9.55
3	9.28	9.31
4	10.78	9.27
5	12.27	9.44
6	13.72	9.81
7	15.11	10.37
8	16.41	11.13
9	17.59	12.05
10	18.63	13.13
11	19.52	14.34
12	19.61	14.50

Circle Center At X = 10.3 ; Y = 20.1 and Radius, 10.9

\*\*\* 1.280 \*\*\*



PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA  
 NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	70 di 102

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	5.66	10.00
2	7.14	9.80
3	8.64	9.74
4	10.14	9.82
5	11.62	10.04
6	13.08	10.40
7	14.49	10.90
8	15.86	11.53
9	17.15	12.29
10	18.37	13.16
11	19.50	14.15
12	19.83	14.50

Circle Center At X = 8.5 ; Y = 25.5 and Radius, 15.8

\*\*\* 1.314 \*\*\*

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.36	10.00
2	7.73	9.38
3	9.18	8.98
4	10.67	8.83
5	12.17	8.92
6	13.63	9.24
7	15.02	9.80
8	16.31	10.58
9	17.45	11.55
10	18.42	12.70
11	19.19	13.98
12	19.40	14.50

Circle Center At X = 10.9 ; Y = 18.1 and Radius, 9.2

\*\*\* 1.317 \*\*\*

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	7.07	10.00
2	8.41	9.33
3	9.85	8.90
4	11.34	8.73
5	12.84	8.82
6	14.30	9.17
7	15.67	9.77
8	16.93	10.59
9	18.02	11.62
10	18.91	12.83
11	19.58	14.17
12	19.68	14.50

Circle Center At X = 11.6 ; Y = 17.3 and Radius, 8.6

\*\*\* 1.325 \*\*\*

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
-----------	------------	------------



**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**

**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	71 di 102

1	7.78	10.00
2	9.10	9.30
3	10.55	8.88
4	12.04	8.78
5	13.53	8.98
6	14.94	9.49
7	16.22	10.27
8	17.30	11.31
9	18.15	12.54
10	18.73	13.93
11	18.84	14.50

Circle Center At X = 11.8 ; Y = 16.0 and Radius, 7.2

\*\*\* 1.338 \*\*\*

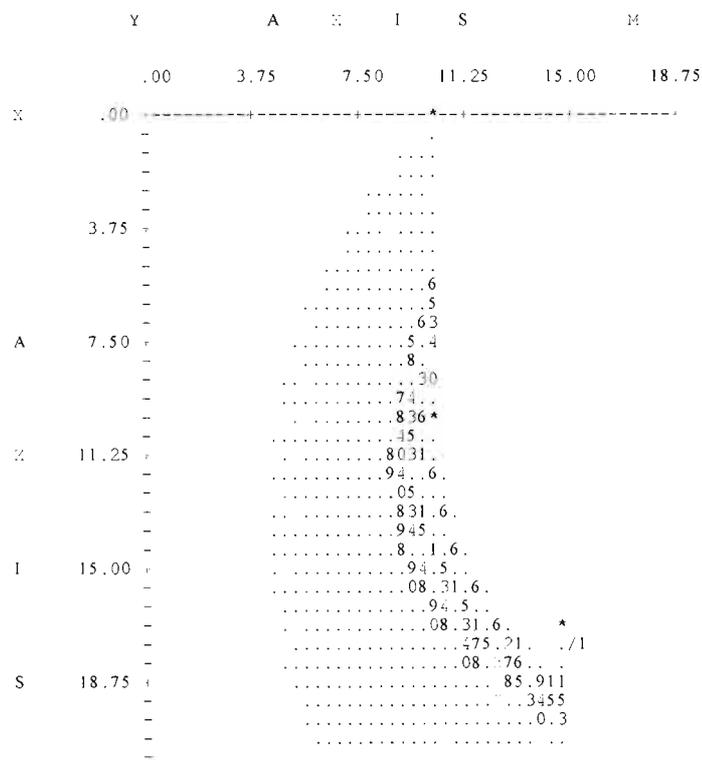
Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	8.49	10.00
2	9.84	9.35
3	11.29	8.97
4	12.78	8.87
5	14.27	9.06
6	15.69	9.53
7	17.00	10.27
8	18.14	11.25
9	19.07	12.42
10	19.76	13.75
11	19.98	14.50

Circle Center At X = 12.5 ; Y = 16.7 and Radius, 7.8

\*\*\* 1.338 \*\*\*

1





**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RSOT	00	D78 RH	GE0005001	A	72 di 102



**10.3 Analisi sismica SLU**

\*\*\* PCSTABL51C \*\*\*

by  
Purdue University

--Slope Stability Analysis--  
Simplified Janbu, Simplified Bishop  
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 03-02-15  
 Time of Run: 11:28am  
 Run By:  
 Input Data Filename: C:\HFE.SI  
 Output Filename: C:\HFE.OUT  
 Unit: SI  
 Plotted Output Filename: C:\HFE.PLT

PROBLEM DESCRIPTION: Analisi di stabilita' IN10  
 sismica SLU

**BOUNDARY COORDINATES**

3 Top Boundaries  
 4 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	0.00	10.00	10.00	10.00	1
2	10.00	17.00	16.75	14.50	2
3	16.75	11.50	30.00	14.50	2
4	10.00	10.00	30.00	10.00	1

**ISOTROPIC SOIL PARAMETERS**

2 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (kPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kPa)	Piez. Surface No.
1	19.5	19.5	4.0	20.5	.00	.0	0
2	20.0	20.0	.0	29.3	.00	.0	0

**BOUNDARY LOAD(S)**

1 Load(s) Specified



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	73 di 102

Load No.	X-Left (m)	X-Right (m)	Intensity (kPa)	Deflection (deg)
1	17.50	27.50	12.0	.0

NOTE - Intensity Is Specified As A Uniformly Distributed Force Acting On A Horizontally Projected Surface.

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient Of .052 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient Of .026 Has Been Assigned

Cavitation Pressure = .0 (kPa)

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

225 Trial Surfaces Have Been Generated.

15 Surfaces Initiate From Each Of 15 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = .00 m and X = 9.90 m

Each Surface Terminates Between X = 17.50 m and X = 30.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = 1.00 m

1.50 m Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

\*\* Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method \*\*

Failure Surface Specified By 9 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	9.90	10.00
2	11.38	9.75
3	12.88	9.82
4	14.33	10.20
5	15.67	10.87
6	16.84	11.81
7	17.79	12.97
8	18.48	14.30
9	18.54	14.50

Circle Center At X = 11.8 ; Y = 16.9 and Radius, 7.2

\*\*\* 1.150 \*\*\*

Individual data on the 12 slices

Slice No.	Width (m)	Weight (N)	Water Force		Tie Force		Earthquake Force		Surcharge Load (N)
			Top (N)	Bot (N)	Norm (N)	Tan (N)	Hor (N)	Ver (N)	
1	.1	4.9	.0	.0	.0	.0	.3	.1	.0



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	74 di 102

2	1.4	4948.9	.0	.0	.0	.0	257.3	128.7	.0
3	1.5	14867.3	.0	.0	.0	.0	773.1	386.5	.0
4	.7	9453.8	.0	.0	.0	.0	491.6	245.8	.0
5	.8	11721.9	.0	.0	.0	.0	609.5	304.8	.0
6	1.3	22890.1	.0	.0	.0	.0	1190.3	595.1	.0
7	1.1	18677.3	.0	.0	.0	.0	971.2	485.6	.0
8	.1	1538.0	.0	.0	.0	.0	80.0	40.0	.0
9	.7	9189.0	.0	.0	.0	.0	477.8	238.9	.0
10	.3	3056.6	.0	.0	.0	.0	158.9	79.5	1071.2
11	.7	3633.8	.0	.0	.0	.0	189.0	94.5	2515.4
12	.1	33.4	.0	.0	.0	.0	1.7	.9	199.8

Failure Surface Specified By 9 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	9.90	10.00
2	11.37	9.72
3	12.87	9.76
4	14.33	10.13
5	15.67	10.80
6	16.84	11.74
7	17.78	12.90
8	18.45	14.25
9	18.51	14.50

Circle Center At X = 11.9 ; Y = 16.7 and Radius, 7.0

\*\*\* 1.160 \*\*\*

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	7.07	10.00
2	8.51	9.57
3	9.99	9.34
4	11.49	9.34
5	12.98	9.55
6	14.42	9.97
7	15.78	10.59
8	17.04	11.41
9	18.17	12.40
10	19.14	13.54
11	19.75	14.50

Circle Center At X = 10.8 ; Y = 19.7 and Radius, 10.4

\*\*\* 1.199 \*\*\*

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	7.78	10.00
2	9.18	9.47
3	10.65	9.18
4	12.15	9.14
5	13.64	9.36
6	15.07	9.82
7	16.40	10.51
8	17.59	11.41
9	18.62	12.50
10	19.45	13.75
11	19.79	14.50

Circle Center At X = 11.6 ; Y = 18.1 and Radius, 8.9

\*\*\* 1.212 \*\*\*



PROGETTO DEFINITVO  
 TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA  
 NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	75 di 102

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.36	10.00
2	7.80	9.55
3	9.28	9.31
4	10.78	9.27
5	12.27	9.44
6	13.72	9.81
7	15.11	10.37
8	16.41	11.13
9	17.59	12.05
10	18.63	13.13
11	19.52	14.34
12	19.61	14.50

Circle Center At X = 10.3 ; Y = 20.1 and Radius, 10.9

\*\*\* 1.214 \*\*\*

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.36	10.00
2	7.73	9.38
3	9.18	8.98
4	10.67	8.83
5	12.17	8.92
6	13.63	9.24
7	15.02	9.80
8	16.31	10.58
9	17.45	11.55
10	18.42	12.70
11	19.19	13.98
12	19.40	14.50

Circle Center At X = 10.9 ; Y = 18.1 and Radius, 9.2

\*\*\* 1.244 \*\*\*

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	5.66	10.00
2	7.14	9.80
3	8.64	9.74
4	10.14	9.82
5	11.62	10.04
6	13.08	10.40
7	14.49	10.90
8	15.86	11.53
9	17.15	12.29
10	18.37	13.16
11	19.50	14.15
12	19.83	14.50

Circle Center At X = 8.5 ; Y = 25.5 and Radius, 15.8

\*\*\* 1.252 \*\*\*

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point	X-Surf	Y-Surf
-------	--------	--------



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RSOT	00	D78 RH	GE0005001	A	76 di 102

Nb.	(m)	(m)
1	7.07	10.00
2	8.41	9.33
3	9.85	8.90
4	11.34	8.73
5	12.84	8.82
6	14.30	9.17
7	15.67	9.77
8	16.93	10.59
9	18.02	11.62
10	18.91	12.83
11	19.58	14.17
12	19.68	14.50

Circle Center At X = 11.6 ; Y = 17.3 and Radius, 8.6

\*\*\* 1.257 \*\*\*

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	7.78	10.00
2	9.10	9.30
3	10.55	8.88
4	12.04	8.78
5	13.53	8.98
6	14.94	9.49
7	16.22	10.27
8	17.30	11.31
9	18.15	12.54
10	18.73	13.93
11	18.84	14.50

Circle Center At X = 11.8 ; Y = 16.0 and Radius, 7.2

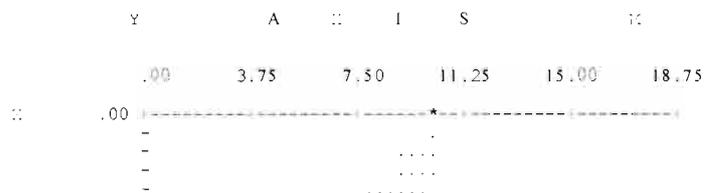
\*\*\* 1.261 \*\*\*

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.36	10.00
2	7.70	9.32
3	9.14	8.88
4	10.62	8.70
5	12.12	8.79
6	13.58	9.13
7	14.96	9.73
8	16.21	10.56
9	17.29	11.59
10	18.18	12.80
11	18.84	14.15
12	18.94	14.50

Circle Center At X = 10.9 ; Y = 17.2 and Radius, 8.5

\*\*\* 1.264 \*\*\*







PROGETTO DEFINITVO  
TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA  
NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	78 di 102

## 11 APPENDICE C. VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE PALI. METODOLOGIE DI CALCOLO PAL

### 11.1 Portanza palo D=1000 mm – SLU compressione

\*\*\* P A L \*\*\*  
Programma per l'analisi della capacita' portante  
assiale di un palo di fondazione  
(C) G.Guiducci - Studio SIMTESI (RN - Italy)  
ottobre 2006

pag./ 2

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

Quota testa palo da p.c.	=	.00 m
Quota falda da p.c.	=	.00 m
Peso di volume del palo	=	5.00 kN/m <sup>3</sup>
Fattore di sicurezza portata laterale	=	1.96 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base	=	2.30 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1000. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.000 = 3.00$  m  
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.000 = 3.00$  m  
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato



PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	79 di 102

pag. / 3

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "bb " (Coesivo) da 0.00 a 16.50 m

$$G_n = 19.5 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Tau} = \text{alfa} * \text{Cu} < 100.0 \text{ kPa} \quad \text{Criterio alfa(Cu) nel seguito}$$

$$\text{Tau} > .25 * S'v$$

$$\text{Tau} < .55 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * \text{Cu} + S'v$$

Cu variabile lin. da 50.0 a 75.0 kPa

Strato 2 "AAC " (Coesivo) da 16.50 a 40.00 m

$$G_n = 20.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 10.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Tau} = \text{beta} * S'v < 120.0 \text{ kPa}$$

$$\text{beta} = .10 + .40 \text{ Cu/S'v}$$

$$Q_b = 9.0 * \text{Cu} + S'v$$

Cu variabile lin. da 300.0 a 450.0 kPa



PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA  
NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RSOT	00	D78 RH	GE0005001	A	80 di 102

pag. / 4

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "bb "	1.00	1.00	1.00
2 "AAC "	1.00	1.00	1.00

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri.

Per terreni coesivi: Criterio  $\tau = \alpha \cdot c_u$

$c_u$ kPa	$\alpha$ -
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
50.1	.65
75.0	.65
75.1	.50
500.0	.50



PROGETTO DEFINITVO

TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	81 di 102

pag. / 5

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.0	.0	50.0	.00	.0	450.
.50	4.8	9.8	50.8	.55	2.6	467.
1.00	9.5	19.5	51.5	.55	5.2	483.
1.50	14.3	29.3	52.3	.55	7.8	500.
2.00	19.0	39.0	53.0	.55	10.4	516.
2.50	23.8	48.8	53.8	.55	13.1	533.
3.00	28.5	58.5	54.5	.55	15.7	549.
3.50	33.3	68.3	55.3	.55	18.3	566.
4.00	38.0	78.0	56.1	.55	20.9	583.
4.50	42.8	87.8	56.8	.55	23.5	599.
5.00	47.5	97.5	57.6	.55	26.1	616.
5.50	52.3	107.3	58.3	.55	28.7	632.
6.00	57.0	117.0	59.1	.55	31.4	649.
6.50	61.8	126.8	59.8	.55	34.0	665.
7.00	66.5	136.5	60.6	.55	36.6	682.
7.50	71.3	146.3	61.4	.55	39.2	699.
8.00	76.0	156.0	62.1	.53	40.4	715.
8.50	80.8	165.8	62.9	.51	40.9	732.
9.00	85.5	175.5	63.6	.48	41.4	748.
9.50	90.3	185.3	64.4	.46	41.9	765.
10.00	95.0	195.0	65.2	.45	42.3	781.
10.50	99.8	204.8	65.9	.43	42.8	798.
11.00	104.5	214.5	66.7	.41	43.3	815.
11.50	109.3	224.3	67.4	.40	43.8	831.
12.00	114.0	234.0	68.2	.39	44.3	848.
12.50	118.8	243.8	68.9	.38	44.8	864.
13.00	123.5	253.5	69.7	.37	45.3	881.
13.50	128.3	263.3	70.5	.36	45.8	897.
14.00	133.0	273.0	71.2	.35	46.3	914.
14.50	137.8	282.8	72.0	.34	46.8	930.



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RSOT	00	D78 RH	GE0005001	A	82 di 102

pag. / 6

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	142.5	292.5	72.7	.33	47.3	947.
15.50	147.3	302.3	73.5	.32	47.8	964.
16.00	152.0	312.0	74.2	.32	48.3	980.
16.50	156.8	321.8	75.0	.54	84.4	997.
17.00	161.8	331.8	303.2	.74	120.0	1373.
17.50	166.8	341.8	306.4	.72	120.0	1749.
18.00	171.8	351.8	309.6	.70	120.0	2125.
18.50	176.8	361.8	312.8	.68	120.0	2502.
19.00	181.8	371.8	316.0	.66	120.0	2878.
19.50	186.8	381.8	319.1	.64	120.0	3254.
20.00	191.8	391.8	322.3	.63	120.0	3293.
20.50	196.8	401.8	325.5	.61	120.0	3332.
21.00	201.8	411.8	328.7	.59	120.0	3370.
21.50	206.8	421.8	331.9	.58	120.0	3409.
22.00	211.8	431.8	335.1	.57	120.0	3448.
22.50	216.8	441.8	338.3	.55	120.0	3486.
23.00	221.8	451.8	341.5	.54	120.0	3525.
23.50	226.8	461.8	344.7	.53	120.0	3564.
24.00	231.8	471.8	347.9	.52	120.0	3603.
24.50	236.8	481.8	351.1	.51	120.0	3641.
25.00	241.8	491.8	354.3	.50	120.0	3680.
25.50	246.8	501.8	357.4	.49	120.0	3719.
26.00	251.8	511.8	360.6	.48	120.0	3757.
26.50	256.8	521.8	363.8	.47	120.0	3796.
27.00	261.8	531.8	367.0	.46	120.0	3835.
27.50	266.8	541.8	370.2	.45	120.0	3874.
28.00	271.8	551.8	373.4	.44	120.0	3912.
28.50	276.8	561.8	376.6	.43	120.0	3951.
29.00	281.8	571.8	379.8	.43	120.0	3990.
29.50	286.8	581.8	383.0	.42	120.0	4029.
30.00	291.8	591.8	386.2	.41	120.0	4067.
30.50	296.8	601.8	389.4	.40	120.0	4106.
31.00	301.8	611.8	392.6	.40	120.0	4145.
31.50	306.8	621.8	395.7	.39	120.0	4183.
32.00	311.8	631.8	398.9	.38	120.0	4222.
32.50	316.8	641.8	402.1	.38	120.0	4261.
33.00	321.8	651.8	405.3	.37	120.0	4300.
33.50	326.8	661.8	408.5	.37	120.0	4338.
34.00	331.8	671.8	411.7	.36	120.0	4377.
34.50	336.8	681.8	414.9	.36	120.0	4416.
35.00	341.8	691.8	418.1	.35	120.0	4455.
35.50	346.8	701.8	421.3	.35	120.0	4493.
36.00	351.8	711.8	424.5	.34	120.0	4532.
36.50	356.8	721.8	427.7	.34	120.0	4571.
37.00	361.8	731.8	430.9	.33	120.0	4609.
37.50	366.8	741.8	434.0	.33	120.0	4648.
38.00	371.8	751.8	437.2	.32	120.0	4687.
38.50	376.8	761.8	440.4	.32	120.0	4726.
39.00	381.8	771.8	443.6	.31	120.0	4764.
39.50	386.8	781.8	446.8	.31	120.0	4803.
40.00	391.8	791.8	450.0	.31	120.0	4842.

zz = Profondita' da piano campagna  
 S'v = Tensione verticale efficace  
 Sv = Tensione verticale totale  
 Cu = Coesione non drenata  
 Tau = Tensione di adesione laterale limite  
 qb = Portata di base limite unitaria



PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	83 di 102

pag. / 8

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	353.	0.	353.	154.
.50	2.	366.	2.	367.	159.
1.00	8.	379.	4.	384.	166.
1.50	18.	392.	6.	405.	175.
2.00	33.	405.	8.	430.	186.
2.50	51.	418.	10.	460.	199.
3.00	74.	432.	12.	494.	214.
3.50	101.	445.	14.	531.	231.
4.00	131.	458.	16.	573.	251.
4.50	166.	471.	18.	619.	272.
5.00	205.	484.	20.	669.	296.
5.50	248.	497.	22.	723.	322.
6.00	295.	510.	24.	781.	350.
6.50	347.	523.	26.	844.	380.
7.00	402.	536.	27.	910.	412.
7.50	462.	549.	29.	981.	446.
8.00	524.	562.	31.	1055.	482.
8.50	588.	575.	33.	1130.	518.
9.00	653.	588.	35.	1205.	555.
9.50	718.	601.	37.	1282.	592.
10.00	784.	614.	39.	1359.	629.
10.50	851.	627.	41.	1437.	667.
11.00	919.	640.	43.	1515.	706.
11.50	987.	653.	45.	1595.	744.
12.00	1057.	666.	47.	1675.	783.
12.50	1127.	679.	49.	1756.	823.
13.00	1197.	692.	51.	1838.	863.
13.50	1269.	705.	53.	1921.	903.
14.00	1341.	718.	55.	2004.	944.
14.50	1414.	731.	57.	2088.	985.



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	84 di 102

pag. / 9

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pall D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	1488.	744.	59.	2173.	1026.
15.50	1563.	757.	61.	2259.	1069.
16.00	1638.	770.	63.	2345.	1111.
16.50	1728.	783.	65.	2446.	1160.
17.00	1903.	1078.	67.	2915.	1376.
17.50	2091.	1374.	69.	3397.	1600.
18.00	2280.	1669.	71.	3879.	1823.
18.50	2468.	1965.	73.	4361.	2046.
19.00	2657.	2260.	75.	4843.	2269.
19.50	2845.	2556.	77.	5325.	2493.
20.00	3034.	2856.	79.	5842.	2600.
20.50	3222.	2617.	81.	5759.	2708.
21.00	3411.	2647.	82.	5975.	2816.
21.50	3599.	2677.	84.	6192.	2923.
22.00	3788.	2708.	86.	6409.	3031.
22.50	3976.	2738.	88.	6626.	3139.
23.00	4165.	2769.	90.	6843.	3246.
23.50	4353.	2799.	92.	7060.	3354.
24.00	4542.	2829.	94.	7277.	3462.
24.50	4730.	2860.	96.	7494.	3570.
25.00	4919.	2890.	98.	7711.	3677.
25.50	5107.	2921.	100.	7928.	3785.
26.00	5296.	2951.	102.	8145.	3893.
26.50	5484.	2982.	104.	8362.	4000.
27.00	5673.	3012.	106.	8579.	4108.
27.50	5861.	3042.	108.	8796.	4216.
28.00	6050.	3073.	110.	9013.	4324.
28.50	6239.	3103.	112.	9230.	4431.
29.00	6427.	3134.	114.	9447.	4539.
29.50	6615.	3164.	116.	9664.	4647.
30.00	6804.	3194.	118.	9880.	4754.
30.50	6992.	3225.	120.	10097.	4862.
31.00	7181.	3255.	122.	10314.	4970.
31.50	7369.	3286.	124.	10531.	5077.
32.00	7558.	3316.	126.	10748.	5185.
32.50	7746.	3347.	128.	10965.	5293.
33.00	7935.	3377.	130.	11182.	5401.
33.50	8123.	3407.	132.	11399.	5508.
34.00	8312.	3438.	134.	11616.	5616.
34.50	8500.	3468.	135.	11833.	5724.
35.00	8689.	3499.	137.	12050.	5831.
35.50	8877.	3529.	139.	12267.	5939.
36.00	9066.	3559.	141.	12484.	6047.
36.50	9254.	3590.	143.	12701.	6154.
37.00	9443.	3620.	145.	12918.	6262.
37.50	9631.	3651.	147.	13135.	6370.
38.00	9820.	3681.	149.	13352.	6478.
38.50	10009.	3711.	151.	13569.	6585.
39.00	10197.	3742.	153.	13785.	6693.
39.50	10385.	3772.	155.	14002.	6801.
40.00	10574.	3803.	157.	14219.	6908.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,l + Qb1/FS,b - Wp$



PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA  
NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	85 di 102

## 11.2 Portanza palo D=1000 mm – SLU trazione

\*\*\* P A L \*\*\*  
Programma per l'analisi della Capacita' portante  
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)  
ottobre 2006

pag. / 2

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - N110  
Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)-trazione

Quota testa palo da p.c.	=	.00 m
Quota falda da p.c.	=	.00 m
Peso di volume del palo	=	-15.00 kN/m <sup>3</sup>
Fattore di sicurezza portata laterale	=	2.13 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base	=	1.00 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1000. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.000 = 3.00$  m  
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.000 = 3.00$  m  
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RSOT	00	D78 RH	GE0005001	A	86 di 102

pag. / 3

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)-trazione

**DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO**

Strato 1 "bb " (Coesivo) da 0.00 a 16.50 m  
 $G_n = 19.5 \text{ kN/m}^3$        $G_e = 9.5 \text{ kN/m}^3$   
 $\tau = \alpha \cdot C_u < 100.0 \text{ kPa}$       Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito  
 $\tau > .25 \cdot S'v$   
 $\tau < .55 \cdot S'v$   
 $Q_b$  variabile lin. da 0. a 0. kPa  
 $C_u$  variabile lin. da 50.0 a 75.0 kPa

Strato 2 "AAC " (Coesivo) da 16.50 a 40.00 m  
 $G_n = 20.0 \text{ kN/m}^3$        $G_e = 10.0 \text{ kN/m}^3$   
 $\tau = \beta \cdot S'v < 120.0 \text{ kPa}$   
 $\beta = .10 + .40 C_u/S'v$   
 $Q_b$  variabile lin. da 0. a 0. kPa  
 $C_u$  variabile lin. da 300.0 a 450.0 kPa

pag. / 4

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)-trazione

**MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo**

strato	Molt. $\tau$	Molt. $Q_b$	Molt. $C_u$
1 "bb "	1.00	1.00	1.00
2 "AAC "	1.00	1.00	1.00

NOTA: I moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio  $\tau = \alpha \cdot C_u$

$C_u$ kPa	$\alpha$
0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
50.1	.65
75.0	.65
75.1	.50
500.0	.50



PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RSOT	00	D78 RH	GE0005001	A	87 di 102

pag. / 5

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+N1+R3)-trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.0	.0	50.0	.00	.0	0.
.50	4.8	9.8	50.8	.55	2.6	0.
1.00	9.5	19.5	51.5	.55	5.2	0.
1.50	14.3	29.3	52.3	.55	7.8	0.
2.00	19.0	39.0	53.0	.55	10.4	0.
2.50	23.8	48.8	53.8	.55	13.1	0.
3.00	28.5	58.5	54.5	.55	15.7	0.
3.50	33.3	68.3	55.3	.55	18.3	0.
4.00	38.0	78.0	56.1	.55	20.9	0.
4.50	42.8	87.8	56.8	.55	23.5	0.
5.00	47.5	97.5	57.6	.55	26.1	0.
5.50	52.3	107.3	58.3	.55	28.7	0.
6.00	57.0	117.0	59.1	.55	31.4	0.
6.50	61.8	126.8	59.8	.55	34.0	0.
7.00	66.5	136.5	60.6	.55	36.6	0.
7.50	71.3	146.3	61.4	.55	39.2	0.
8.00	76.0	156.0	62.1	.53	40.4	0.
8.50	80.8	165.8	62.9	.51	40.9	0.
9.00	85.5	175.5	63.6	.48	41.4	0.
9.50	90.3	185.3	64.4	.46	41.9	0.
10.00	95.0	195.0	65.2	.45	42.3	0.
10.50	99.8	204.8	65.9	.43	42.8	0.
11.00	104.5	214.5	66.7	.41	43.3	0.
11.50	109.3	224.3	67.4	.40	43.8	0.
12.00	114.0	234.0	68.2	.39	44.3	0.
12.50	118.8	243.8	68.9	.38	44.8	0.
13.00	123.5	253.5	69.7	.37	45.3	0.
13.50	128.3	263.3	70.5	.36	45.8	0.
14.00	133.0	273.0	71.2	.35	46.3	0.
14.50	137.8	282.8	72.0	.34	46.8	0.



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RSOT	00	D78 RH	GE0005001	A	88 di 102

pag. / 6

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - N110  
 Pali D=1000 mm- Appoggio 2(A1+M1+R3)-trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	142.5	292.5	72.7	.33	47.3	0.
15.50	147.3	302.3	73.5	.32	47.8	0.
16.00	152.0	312.0	74.2	.32	48.3	0.
16.50	156.8	321.8	75.0	.54	84.4	0.
17.00	161.8	331.8	303.2	.74	120.0	0.
17.50	166.8	341.8	306.4	.72	120.0	0.
18.00	171.8	351.8	309.6	.70	120.0	0.
18.50	176.8	361.8	312.8	.68	120.0	0.
19.00	181.8	371.8	316.0	.66	120.0	0.
19.50	186.8	381.8	319.1	.64	120.0	0.
20.00	191.8	391.8	322.3	.63	120.0	0.
20.50	196.8	401.8	325.5	.61	120.0	0.
21.00	201.8	411.8	328.7	.59	120.0	0.
21.50	206.8	421.8	331.9	.58	120.0	0.
22.00	211.8	431.8	335.1	.57	120.0	0.
22.50	216.8	441.8	338.3	.55	120.0	0.
23.00	221.8	451.8	341.5	.54	120.0	0.
23.50	226.8	461.8	344.7	.53	120.0	0.
24.00	231.8	471.8	347.9	.52	120.0	0.
24.50	236.8	481.8	351.1	.51	120.0	0.
25.00	241.8	491.8	354.3	.50	120.0	0.
25.50	246.8	501.8	357.4	.49	120.0	0.
26.00	251.8	511.8	360.6	.48	120.0	0.
26.50	256.8	521.8	363.8	.47	120.0	0.
27.00	261.8	531.8	367.0	.46	120.0	0.
27.50	266.8	541.8	370.2	.45	120.0	0.
28.00	271.8	551.8	373.4	.44	120.0	0.
28.50	276.8	561.8	376.6	.43	120.0	0.
29.00	281.8	571.8	379.8	.43	120.0	0.
29.50	286.8	581.8	383.0	.42	120.0	0.
30.00	291.8	591.8	386.2	.41	120.0	0.
30.50	296.8	601.8	389.4	.40	120.0	0.
31.00	301.8	611.8	392.6	.40	120.0	0.
31.50	306.8	621.8	395.7	.39	120.0	0.
32.00	311.8	631.8	398.9	.38	120.0	0.
32.50	316.8	641.8	402.1	.38	120.0	0.
33.00	321.8	651.8	405.3	.37	120.0	0.
33.50	326.8	661.8	408.5	.37	120.0	0.
34.00	331.8	671.8	411.7	.36	120.0	0.
34.50	336.8	681.8	414.9	.36	120.0	0.
35.00	341.8	691.8	418.1	.35	120.0	0.
35.50	346.8	701.8	421.3	.35	120.0	0.
36.00	351.8	711.8	424.5	.34	120.0	0.
36.50	356.8	721.8	427.7	.34	120.0	0.
37.00	361.8	731.8	430.9	.33	120.0	0.
37.50	366.8	741.8	434.0	.33	120.0	0.
38.00	371.8	751.8	437.2	.32	120.0	0.
38.50	376.8	761.8	440.4	.32	120.0	0.
39.00	381.8	771.8	443.6	.31	120.0	0.
39.50	386.8	781.8	446.8	.31	120.0	0.
40.00	391.8	791.8	450.0	.31	120.0	0.

zz = Profondita' da piano campagna  
 S'v = Tensione verticale efficace  
 Sv = Tensione verticale totale  
 Cu = Coesione non drenata  
 Tau = Tensione di adesione laterale limite  
 qb = Portata di base limite unitaria



PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	89 di 102

pag. / 8

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
Pali D=1000 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)-trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	2.	0.	-6.	8.	7.
1.00	8.	0.	-12.	20.	16.
1.50	18.	0.	-18.	36.	26.
2.00	33.	0.	-24.	56.	39.
2.50	51.	0.	-29.	81.	54.
3.00	74.	0.	-35.	109.	70.
3.50	101.	0.	-41.	142.	89.
4.00	131.	0.	-47.	178.	109.
4.50	166.	0.	-53.	219.	131.
5.00	205.	0.	-59.	264.	155.
5.50	248.	0.	-65.	313.	182.
6.00	295.	0.	-71.	366.	210.
6.50	347.	0.	-77.	423.	240.
7.00	402.	0.	-82.	485.	272.
7.50	462.	0.	-88.	550.	306.
8.00	524.	0.	-94.	619.	341.
8.50	588.	0.	-100.	688.	377.
9.00	653.	0.	-106.	759.	413.
9.50	718.	0.	-112.	830.	450.
10.00	784.	0.	-118.	902.	487.
10.50	851.	0.	-124.	975.	524.
11.00	919.	0.	-130.	1049.	562.
11.50	987.	0.	-135.	1123.	600.
12.00	1057.	0.	-141.	1198.	639.
12.50	1127.	0.	-147.	1274.	677.
13.00	1197.	0.	-153.	1351.	717.
13.50	1269.	0.	-159.	1428.	756.
14.00	1341.	0.	-165.	1506.	796.
14.50	1414.	0.	-171.	1585.	836.

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	90 di 102

pag. / 9

 LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - N110  
 Pali D=1000 mm- Appoggio 2(A1+M1+R3)-trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qa kN	Qd kN
15.00	1488.	0.	-177.	1665.	877.
15.50	1563.	0.	-183.	1745.	918.
16.00	1638.	0.	-188.	1827.	959.
16.50	1728.	0.	-194.	1923.	1008.
17.00	1903.	0.	-200.	2103.	1096.
17.50	2091.	0.	-206.	2298.	1190.
18.00	2280.	0.	-212.	2492.	1285.
18.50	2468.	0.	-218.	2686.	1380.
19.00	2657.	0.	-224.	2881.	1474.
19.50	2845.	0.	-230.	3075.	1569.
20.00	3034.	0.	-236.	3270.	1663.
20.50	3222.	0.	-242.	3464.	1758.
21.00	3411.	0.	-247.	3658.	1853.
21.50	3599.	0.	-253.	3853.	1947.
22.00	3788.	0.	-259.	4047.	2042.
22.50	3976.	0.	-265.	4241.	2136.
23.00	4165.	0.	-271.	4436.	2231.
23.50	4353.	0.	-277.	4630.	2326.
24.00	4542.	0.	-283.	4825.	2420.
24.50	4730.	0.	-289.	5019.	2515.
25.00	4919.	0.	-295.	5213.	2609.
25.50	5107.	0.	-300.	5408.	2704.
26.00	5296.	0.	-306.	5602.	2798.
26.50	5484.	0.	-312.	5797.	2893.
27.00	5673.	0.	-318.	5991.	2988.
27.50	5861.	0.	-324.	6185.	3082.
28.00	6050.	0.	-330.	6380.	3177.
28.50	6238.	0.	-336.	6574.	3271.
29.00	6427.	0.	-342.	6768.	3366.
29.50	6615.	0.	-348.	6963.	3461.
30.00	6804.	0.	-353.	7157.	3555.
30.50	6992.	0.	-359.	7352.	3650.
31.00	7181.	0.	-365.	7546.	3744.
31.50	7369.	0.	-371.	7740.	3839.
32.00	7558.	0.	-377.	7935.	3934.
32.50	7746.	0.	-383.	8129.	4028.
33.00	7935.	0.	-389.	8324.	4123.
33.50	8123.	0.	-395.	8518.	4217.
34.00	8312.	0.	-401.	8712.	4312.
34.50	8500.	0.	-406.	8907.	4407.
35.00	8689.	0.	-412.	9101.	4501.
35.50	8877.	0.	-418.	9296.	4596.
36.00	9066.	0.	-424.	9490.	4690.
36.50	9254.	0.	-430.	9684.	4785.
37.00	9443.	0.	-436.	9879.	4880.
37.50	9631.	0.	-442.	10073.	4974.
38.00	9820.	0.	-448.	10267.	5069.
38.50	10008.	0.	-454.	10462.	5163.
39.00	10197.	0.	-459.	10656.	5258.
39.50	10385.	0.	-465.	10851.	5353.
40.00	10574.	0.	-471.	11045.	5447.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qa = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA</b> <b>NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000</b>					
	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	COMMESSA RS0T	LOTTO 00	CODIFICA D78 RH	DOCUMENTO GE0005001	REV. A

### 11.3 Portanza palo D=1200 mm – SLU compressione

\*\*\* P A L \*\*\*  
 Programma per l'analisi della capacità portante  
 assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)  
 ottobre 2006

pag. / 2

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pali D=1200 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

Quota testa palo da p.c. = .00 m  
 Quota falda da p.c. = .00 m  
 Peso di volume del palo = 5.00 kN/m<sup>3</sup>  
 Fattore di sicurezza portata laterale = 1.96 (FS,l)  
 Fattore di sicurezza portata di base = 2.30 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1200. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
 quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
 strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
 entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
 sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RSOT	00	D78 RH	GE0005001	A	92 di 102

pag. / 3

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pali D=1200 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

**DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO**

Strato 1 "bb " (Coesivo) da .00 a 16.50 m  
 $G_n = 19.5 \text{ kN/m}^3$        $G_e = 9.5 \text{ kN/m}^3$   
 $\tau = \alpha \cdot C_u < 100.0 \text{ kPa}$       Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito  
 $\tau > .25 \cdot S'v$   
 $\tau < .55 \cdot S'v$   
 $Q_b = 9.0 \cdot C_u + S_v$   
 $C_u$  variabile lin. da 50.0 a 75.0 kPa

Strato 2 "AAC " (Coesivo) da 16.50 a 40.00 m  
 $G_n = 20.0 \text{ kN/m}^3$        $G_e = 10.0 \text{ kN/m}^3$   
 $\tau = \beta \cdot S'v < 120.0 \text{ kPa}$   
 $\beta = .10 + .40 C_u/S'v$   
 $Q_b = 9.0 \cdot C_u + S_v$   
 $C_u$  variabile lin. da 300.0 a 450.0 kPa

pag. / 4

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pali D=1200 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

**MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo**

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "bb "	1.00	1.00	1.00
2 "AAC "	1.00	1.00	1.00

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio  $\tau = \alpha \cdot C_u$

$C_u$ kPa	alfa
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
50.1	.65
75.0	.65
75.1	.50
500.0	.50



PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA  
 NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	93 di 102

pag. / 5

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pali D=1200 mm- Approccio 2 (A1+M1+R3)

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.0	.0	50.0	.00	.0	450.
.50	4.8	9.8	50.8	.55	2.6	467.
1.00	9.5	19.5	51.5	.55	5.2	483.
1.50	14.3	29.3	52.3	.55	7.8	500.
2.00	19.0	39.0	53.0	.55	10.4	516.
2.50	23.8	48.8	53.8	.55	13.1	533.
3.00	28.5	58.5	54.5	.55	15.7	549.
3.50	33.3	68.3	55.3	.55	18.3	566.
4.00	38.0	78.0	56.1	.55	20.9	583.
4.50	42.8	87.8	56.8	.55	23.5	599.
5.00	47.5	97.5	57.6	.55	26.1	616.
5.50	52.3	107.3	58.3	.55	28.7	632.
6.00	57.0	117.0	59.1	.55	31.4	649.
6.50	61.8	126.8	59.8	.55	34.0	665.
7.00	66.5	136.5	60.6	.55	36.6	682.
7.50	71.3	146.3	61.4	.55	39.2	699.
8.00	76.0	156.0	62.1	.53	40.4	715.
8.50	80.8	165.8	62.9	.51	40.9	732.
9.00	85.5	175.5	63.6	.48	41.4	748.
9.50	90.3	185.3	64.4	.46	41.9	765.
10.00	95.0	195.0	65.2	.45	42.3	781.
10.50	99.8	204.8	65.9	.43	42.8	798.
11.00	104.5	214.5	66.7	.41	43.3	815.
11.50	109.3	224.3	67.4	.40	43.8	831.
12.00	114.0	234.0	68.2	.39	44.3	848.
12.50	118.8	243.8	68.9	.38	44.8	864.
13.00	123.5	253.5	69.7	.37	45.3	881.
13.50	128.3	263.3	70.5	.36	45.8	897.
14.00	133.0	273.0	71.2	.35	46.3	914.
14.50	137.8	282.8	72.0	.34	46.8	930.



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	94 di 102

pag. / 6

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - N110  
 Pali D=1200 mm- Approccio 2 (A1+M1+R3)

STAMPA parametri per valutazione capacità portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	142.5	292.5	72.7	.33	47.3	947.
15.50	147.3	302.3	73.5	.32	47.8	964.
16.00	152.0	312.0	74.2	.32	48.3	980.
16.50	156.8	321.8	75.0	.34	48.4	997.
17.00	161.8	331.8	303.2	.74	120.0	1325.
17.50	166.8	341.8	306.4	.72	120.0	1653.
18.00	171.8	351.8	309.6	.70	120.0	1981.
18.50	176.8	361.8	312.8	.68	120.0	2309.
19.00	181.8	371.8	316.0	.66	120.0	2637.
19.50	186.8	381.8	319.1	.64	120.0	2965.
20.00	191.8	391.8	322.3	.63	120.0	3293.
20.50	196.8	401.8	325.5	.61	120.0	3332.
21.00	201.8	411.8	328.7	.59	120.0	3370.
21.50	206.8	421.8	331.9	.58	120.0	3409.
22.00	211.8	431.8	335.1	.57	120.0	3448.
22.50	216.8	441.8	338.3	.55	120.0	3486.
23.00	221.8	451.8	341.5	.54	120.0	3525.
23.50	226.8	461.8	344.7	.53	120.0	3564.
24.00	231.8	471.8	347.9	.52	120.0	3603.
24.50	236.8	481.8	351.1	.51	120.0	3641.
25.00	241.8	491.8	354.3	.50	120.0	3680.
25.50	246.8	501.8	357.4	.49	120.0	3719.
26.00	251.8	511.8	360.6	.48	120.0	3757.
26.50	256.8	521.8	363.8	.47	120.0	3796.
27.00	261.8	531.8	367.0	.46	120.0	3835.
27.50	266.8	541.8	370.2	.45	120.0	3874.
28.00	271.8	551.8	373.4	.44	120.0	3912.
28.50	276.8	561.8	376.6	.43	120.0	3951.
29.00	281.8	571.8	379.8	.43	120.0	3990.
29.50	286.8	581.8	383.0	.42	120.0	4029.
30.00	291.8	591.8	386.2	.41	120.0	4067.
30.50	296.8	601.8	389.4	.40	120.0	4106.
31.00	301.8	611.8	392.6	.40	120.0	4145.
31.50	306.8	621.8	395.7	.39	120.0	4183.
32.00	311.8	631.8	398.9	.38	120.0	4222.
32.50	316.8	641.8	402.1	.38	120.0	4261.
33.00	321.8	651.8	405.3	.37	120.0	4300.
33.50	326.8	661.8	408.5	.37	120.0	4338.
34.00	331.8	671.8	411.7	.36	120.0	4377.
34.50	336.8	681.8	414.9	.36	120.0	4416.
35.00	341.8	691.8	418.1	.35	120.0	4455.
35.50	346.8	701.8	421.3	.35	120.0	4493.
36.00	351.8	711.8	424.5	.34	120.0	4532.
36.50	356.8	721.8	427.7	.34	120.0	4571.
37.00	361.8	731.8	430.9	.33	120.0	4609.
37.50	366.8	741.8	434.0	.33	120.0	4648.
38.00	371.8	751.8	437.2	.32	120.0	4687.
38.50	376.8	761.8	440.4	.32	120.0	4726.
39.00	381.8	771.8	443.6	.31	120.0	4764.
39.50	386.8	781.8	446.8	.31	120.0	4803.
40.00	391.8	791.8	450.0	.31	120.0	4842.

zz = Profondita' da piano campagna  
 S'v = Tensione verticale efficace  
 Sv = Tensione verticale totale  
 Cu = Coesione non drenata  
 Tau = Tensione di adesione laterale limite  
 qb = Portata di base limite unitaria



PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	95 di 102

pag. / 8

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
Pali D=1200 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	509.	0.	509.	222.
.50	2.	528.	3.	527.	228.
1.00	10.	546.	6.	551.	237.
1.50	22.	565.	8.	579.	249.
2.00	39.	584.	11.	612.	263.
2.50	62.	603.	14.	650.	280.
3.00	89.	621.	17.	693.	299.
3.50	121.	640.	20.	741.	321.
4.00	150.	659.	23.	794.	345.
4.50	199.	678.	25.	852.	372.
5.00	246.	696.	28.	914.	401.
5.50	298.	715.	31.	982.	433.
6.00	355.	734.	34.	1054.	467.
6.50	416.	753.	37.	1132.	504.
7.00	483.	771.	40.	1214.	543.
7.50	554.	790.	42.	1302.	585.
8.00	629.	809.	45.	1393.	629.
8.50	706.	827.	48.	1485.	674.
9.00	783.	846.	51.	1579.	719.
9.50	862.	865.	54.	1673.	764.
10.00	941.	884.	57.	1768.	810.
10.50	1021.	902.	59.	1865.	856.
11.00	1103.	921.	62.	1962.	903.
11.50	1185.	940.	65.	2060.	951.
12.00	1268.	959.	68.	2159.	998.
12.50	1352.	977.	71.	2259.	1047.
13.00	1437.	996.	74.	2359.	1095.
13.50	1523.	1015.	76.	2461.	1145.
14.00	1609.	1034.	79.	2564.	1194.
14.50	1697.	1052.	82.	2668.	1245.



PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA CATENANUOVA - RADDUSA AGIRA  
 NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS0T 00 D78 RH GE0005001 A 96 di 102

pag. / 9

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pall D=1200 mm- Approccio 2 (A1+M1+R3)

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	1786.	1071.	85.	2772.	1295.
15.50	1875.	1090.	88.	2879.	1347.
16.00	1966.	1109.	90.	2984.	1398.
16.50	2074.	1127.	93.	3108.	1459.
17.00	2284.	1498.	96.	3686.	1725.
17.50	2510.	1869.	99.	4280.	1999.
18.00	2736.	2240.	102.	4874.	2274.
18.50	2962.	2611.	105.	5469.	2548.
19.00	3188.	2982.	107.	6063.	2823.
19.50	3415.	3353.	110.	6657.	3097.
20.00	3641.	3724.	113.	7252.	3372.
20.50	3867.	3768.	116.	7519.	3504.
21.00	4093.	3812.	119.	7786.	3636.
21.50	4319.	3855.	122.	8053.	3768.
22.00	4545.	3899.	124.	8320.	3900.
22.50	4772.	3943.	127.	8588.	4032.
23.00	4998.	3987.	130.	8855.	4164.
23.50	5224.	4031.	133.	9122.	4296.
24.00	5450.	4074.	136.	9389.	4428.
24.50	5676.	4118.	139.	9656.	4559.
25.00	5903.	4162.	141.	9923.	4691.
25.50	6129.	4206.	144.	10190.	4823.
26.00	6355.	4250.	147.	10458.	4955.
26.50	6581.	4293.	150.	10725.	5087.
27.00	6807.	4337.	153.	10992.	5219.
27.50	7034.	4381.	156.	11259.	5351.
28.00	7260.	4425.	158.	11526.	5483.
28.50	7486.	4469.	161.	11793.	5615.
29.00	7712.	4512.	164.	12061.	5747.
29.50	7938.	4556.	167.	12328.	5879.
30.00	8165.	4600.	170.	12595.	6011.
30.50	8391.	4644.	172.	12862.	6143.
31.00	8617.	4688.	175.	13129.	6275.
31.50	8843.	4731.	178.	13396.	6407.
32.00	9069.	4775.	181.	13664.	6539.
32.50	9296.	4819.	184.	13931.	6671.
33.00	9522.	4863.	187.	14198.	6803.
33.50	9748.	4907.	189.	14465.	6935.
34.00	9974.	4950.	192.	14732.	7067.
34.50	10200.	4994.	195.	14999.	7199.
35.00	10427.	5038.	198.	15267.	7331.
35.50	10653.	5082.	201.	15534.	7462.
36.00	10879.	5126.	204.	15801.	7594.
36.50	11105.	5169.	206.	16068.	7726.
37.00	11331.	5213.	209.	16335.	7858.
37.50	11558.	5257.	212.	16602.	7990.
38.00	11784.	5301.	215.	16870.	8122.
38.50	12010.	5345.	218.	17137.	8254.
39.00	12236.	5388.	221.	17404.	8386.
39.50	12462.	5432.	223.	17671.	8518.
40.00	12689.	5476.	226.	17938.	8650.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,l + Qb1/FS,b - Wp$



PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA

NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	97 di 102

#### 11.4 Portanza palo D=1200 mm – SLU trazione

\*\*\* P A L \*\*\*  
Programma per l'analisi della capacita' portante  
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)  
ottobre 2006

pag. / 2

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
Pali D=1200 mm- Approccio 2(AI+MI+R3)-trazione

Quota testa palo da p.c. = .00 m  
Quota falda da p.c. = .00 m  
Peso di volume del palo = -15.00 kN/m<sup>3</sup>  
Fattore di sicurezza portata laterale = 2.13 (FS,l)  
Fattore di sicurezza portata di base = 1.00 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1200. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato



PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA  
 NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RSOT	00	D78 RH	GE0005001	A	98 di 102

pag. / 3

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - N110  
 Pali D=1200 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)-trazione

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "bb " (Coesivo) da 0.00 a 16.50 m

Gn = 19.5 kN/m<sup>3</sup>      Ge = 9.5 kN/m<sup>3</sup>  
 Tau = alfa \* Cu < 100.0 kPa      Criterio: alfa(Cu) nel seguito  
 Tau > .25 \* S'v  
 Tau < .35 \* S'v  
 Qb variabile lin. da 0. a 0. kPa  
 Cu variabile lin. da 50.0 a 75.0 kPa

Strato 2 "AAC " (Coesivo) da 16.50 a 40.00 m

Gn = 20.0 kN/m<sup>3</sup>      Ge = 10.0 kN/m<sup>3</sup>  
 Tau = beta \* S'v < 120.0 kPa  
 beta = .10 + .40 Cu/S'v  
 Qb variabile lin. da 0. a 0. kPa  
 Cu variabile lin. da 300.0 a 450.0 kPa

pag. / 4

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - N110  
 Pali D=1200 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)-trazione

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "bb "	1.00	1.00	1.00
2 "AAC "	1.00	1.00	1.00

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio Tau = alfa \* Cu

Cu kPa	alfa
0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
50.1	.65
75.0	.65
75.1	.50
300.0	.50



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA**  
**NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	99 di 102

pag. / 5

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
 Pali D=1200 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)-trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

z z	S'v	Sv	Cu	Tau/S'v	Tau	qb
m	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa
.00	.0	.0	50.0	.00	.0	0.
.50	4.8	9.8	50.8	.55	2.8	0.
1.00	9.5	19.5	51.5	.55	5.2	0.
1.50	14.3	29.3	52.3	.55	7.8	0.
2.00	19.0	39.0	53.0	.55	10.4	0.
2.50	23.8	48.8	53.8	.55	13.1	0.
3.00	28.5	58.5	54.5	.55	15.7	0.
3.50	33.3	68.3	55.3	.55	18.3	0.
4.00	38.0	78.0	56.1	.55	20.9	0.
4.50	42.8	87.8	56.8	.55	23.5	0.
5.00	47.5	97.5	57.6	.55	26.1	0.
5.50	52.3	107.3	58.3	.55	28.7	0.
6.00	57.0	117.0	59.1	.55	31.4	0.
6.50	61.8	126.8	59.8	.55	34.0	0.
7.00	66.5	136.5	60.6	.55	36.6	0.
7.50	71.3	146.3	61.4	.55	39.2	0.
8.00	76.0	156.0	62.1	.53	40.4	0.
8.50	80.8	165.8	62.9	.51	40.9	0.
9.00	85.5	175.5	63.6	.48	41.4	0.
9.50	90.3	185.3	64.4	.46	41.9	0.
10.00	95.0	195.0	65.2	.45	42.3	0.
10.50	99.8	204.8	65.9	.43	42.8	0.
11.00	104.5	214.5	66.7	.41	43.3	0.
11.50	109.3	224.3	67.4	.40	43.8	0.
12.00	114.0	234.0	68.2	.39	44.3	0.
12.50	118.8	243.8	68.9	.38	44.8	0.
13.00	123.5	253.5	69.7	.37	45.3	0.
13.50	128.3	263.3	70.5	.36	45.8	0.
14.00	133.0	273.0	71.2	.35	46.3	0.
14.50	137.8	282.8	72.0	.34	46.8	0.

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	100 di 102

pag. / 6

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
Pali D=1200 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)-trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	142.5	292.5	72.7	.33	47.3	0.
15.50	147.3	302.3	73.5	.32	47.8	0.
16.00	152.0	312.0	74.2	.32	48.3	0.
16.50	156.8	321.8	75.0	.54	84.4	0.
17.00	161.8	331.8	303.2	.74	120.0	0.
17.50	166.8	341.8	306.4	.72	120.0	0.
18.00	171.8	351.8	309.6	.70	120.0	0.
18.50	176.8	361.8	312.8	.68	120.0	0.
19.00	181.8	371.8	316.0	.66	120.0	0.
19.50	186.8	381.8	319.1	.64	120.0	0.
20.00	191.8	391.8	322.3	.63	120.0	0.
20.50	196.8	401.8	325.5	.61	120.0	0.
21.00	201.8	411.8	328.7	.59	120.0	0.
21.50	206.8	421.8	331.9	.58	120.0	0.
22.00	211.8	431.8	335.1	.57	120.0	0.
22.50	216.8	441.8	338.3	.55	120.0	0.
23.00	221.8	451.8	341.5	.54	120.0	0.
23.50	226.8	461.8	344.7	.53	120.0	0.
24.00	231.8	471.8	347.9	.52	120.0	0.
24.50	236.8	481.8	351.1	.51	120.0	0.
25.00	241.8	491.8	354.3	.50	120.0	0.
25.50	246.8	501.8	357.4	.49	120.0	0.
26.00	251.8	511.8	360.6	.48	120.0	0.
26.50	256.8	521.8	363.8	.47	120.0	0.
27.00	261.8	531.8	367.0	.46	120.0	0.
27.50	266.8	541.8	370.2	.45	120.0	0.
28.00	271.8	551.8	373.4	.44	120.0	0.
28.50	276.8	561.8	376.6	.43	120.0	0.
29.00	281.8	571.8	379.8	.43	120.0	0.
29.50	286.8	581.8	383.0	.42	120.0	0.
30.00	291.8	591.8	386.2	.41	120.0	0.
30.50	296.8	601.8	389.4	.40	120.0	0.
31.00	301.8	611.8	392.6	.40	120.0	0.
31.50	306.8	621.8	395.7	.39	120.0	0.
32.00	311.8	631.8	398.9	.38	120.0	0.
32.50	316.8	641.8	402.1	.38	120.0	0.
33.00	321.8	651.8	405.3	.37	120.0	0.
33.50	326.8	661.8	408.5	.37	120.0	0.
34.00	331.8	671.8	411.7	.36	120.0	0.
34.50	336.8	681.8	414.9	.36	120.0	0.
35.00	341.8	691.8	418.1	.35	120.0	0.
35.50	346.8	701.8	421.3	.35	120.0	0.
36.00	351.8	711.8	424.5	.34	120.0	0.
36.50	356.8	721.8	427.7	.34	120.0	0.
37.00	361.8	731.8	430.9	.33	120.0	0.
37.50	366.8	741.8	434.0	.33	120.0	0.
38.00	371.8	751.8	437.2	.32	120.0	0.
38.50	376.8	761.8	440.4	.32	120.0	0.
39.00	381.8	771.8	443.6	.31	120.0	0.
39.50	386.8	781.8	446.8	.31	120.0	0.
40.00	391.8	791.8	450.0	.31	120.0	0.

zz = Profondita' da piano campagna  
S'v = Tensione verticale efficace  
Sv = Tensione verticale totale  
Cu = Coesione non drenata  
Tau = Tensione di adesione laterale limite  
qb = Portata di base limite unitaria

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	101 di 102

pag. / 8

LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - NI10  
Pali D=1200 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)-trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
0.00	0.	0.	0.	0.	0.
0.50	2.	0.	-8.	11.	10.
1.00	10.	0.	-17.	27.	22.
1.50	22.	0.	-25.	48.	36.
2.00	39.	0.	-34.	73.	52.
2.50	62.	0.	-42.	104.	71.
3.00	89.	0.	-51.	140.	93.
3.50	121.	0.	-59.	180.	116.
4.00	158.	0.	-68.	225.	142.
4.50	199.	0.	-76.	276.	170.
5.00	246.	0.	-85.	331.	201.
5.50	298.	0.	-93.	391.	234.
6.00	355.	0.	-102.	456.	269.
6.50	416.	0.	-110.	526.	306.
7.00	483.	0.	-119.	601.	346.
7.50	554.	0.	-127.	681.	388.
8.00	629.	0.	-136.	765.	432.
8.50	706.	0.	-144.	850.	476.
9.00	783.	0.	-153.	936.	521.
9.50	862.	0.	-161.	1023.	567.
10.00	941.	0.	-170.	1111.	613.
10.50	1021.	0.	-178.	1200.	659.
11.00	1103.	0.	-187.	1289.	706.
11.50	1185.	0.	-195.	1380.	753.
12.00	1268.	0.	-204.	1471.	800.
12.50	1352.	0.	-212.	1564.	848.
13.00	1437.	0.	-221.	1657.	897.
13.50	1523.	0.	-229.	1752.	946.
14.00	1609.	0.	-238.	1847.	995.
14.50	1697.	0.	-246.	1943.	1045.

**RELAZIONE GEOTECNICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0T	00	D78 RH	GE0005001	A	102 di 102

pag. / 9

 LINEA FS CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA - N110  
 Pali D=1200 mm- Approccio 2(A1+M1+R3)-trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	1786.	0.	-254.	2040.	1095.
15.50	1875.	0.	-263.	2139.	1146.
16.00	1966.	0.	-271.	2237.	1197.
16.50	2074.	0.	-280.	2354.	1256.
17.00	2294.	0.	-289.	2572.	1363.
17.50	2510.	0.	-297.	2807.	1478.
18.00	2736.	0.	-305.	3041.	1593.
18.50	2962.	0.	-314.	3276.	1708.
19.00	3188.	0.	-322.	3511.	1823.
19.50	3415.	0.	-331.	3745.	1938.
20.00	3641.	0.	-339.	3980.	2053.
20.50	3867.	0.	-348.	4215.	2167.
21.00	4093.	0.	-356.	4449.	2282.
21.50	4319.	0.	-365.	4684.	2397.
22.00	4545.	0.	-373.	4919.	2512.
22.50	4772.	0.	-382.	5153.	2627.
23.00	4998.	0.	-390.	5388.	2742.
23.50	5224.	0.	-399.	5623.	2857.
24.00	5450.	0.	-407.	5857.	2972.
24.50	5676.	0.	-416.	6092.	3087.
25.00	5903.	0.	-424.	6327.	3202.
25.50	6129.	0.	-433.	6561.	3317.
26.00	6355.	0.	-441.	6796.	3432.
26.50	6581.	0.	-450.	7031.	3547.
27.00	6807.	0.	-458.	7265.	3662.
27.50	7034.	0.	-467.	7500.	3776.
28.00	7260.	0.	-475.	7735.	3891.
28.50	7486.	0.	-483.	7970.	4006.
29.00	7712.	0.	-492.	8204.	4121.
29.50	7938.	0.	-500.	8439.	4236.
30.00	8165.	0.	-509.	8674.	4351.
30.50	8391.	0.	-517.	8908.	4466.
31.00	8617.	0.	-526.	9143.	4581.
31.50	8843.	0.	-534.	9378.	4696.
32.00	9069.	0.	-543.	9612.	4811.
32.50	9296.	0.	-551.	9847.	4926.
33.00	9522.	0.	-560.	10082.	5041.
33.50	9748.	0.	-568.	10316.	5156.
34.00	9974.	0.	-577.	10551.	5271.
34.50	10200.	0.	-585.	10786.	5385.
35.00	10427.	0.	-594.	11020.	5500.
35.50	10653.	0.	-602.	11255.	5615.
36.00	10879.	0.	-611.	11490.	5730.
36.50	11105.	0.	-619.	11724.	5845.
37.00	11331.	0.	-628.	11959.	5960.
37.50	11558.	0.	-636.	12194.	6075.
38.00	11784.	0.	-645.	12428.	6190.
38.50	12010.	0.	-653.	12663.	6305.
39.00	12236.	0.	-662.	12898.	6420.
39.50	12462.	0.	-670.	13132.	6535.
40.00	12689.	0.	-679.	13367.	6650.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Q11 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Q11/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$