



## CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19

### S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

## PROGETTO DEFINITIVO

#### GRUPPO DI PROGETTAZIONE

**ATI:**  
TECHNITAL s.p.a. (mandataria)  
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.  
DELTA Ingegneria s.r.l.  
INFRATEC s.r.l Consulting Engineering  
PROGIN s.p.a.

#### I RESPONSABILI DI PROGETTO

Dott. Ing. M. Raccosta  
Ordine Ing. Verona n° A1665  
Prof. Ing. A. Bevilacqua  
Ordine Ing. Palermo n° 4058  
Dott. Ing. M. Carlino  
Ordine Ing. Agrigento n° A628  
Dott. Ing. N. Troccoli  
Ordine Ing. Potenza n° 836  
Dott. Ing. S. Esposito  
Ordine Ing. Roma n° 20837

#### IL GEOLOGO

Dott. Geol. M. Carlino  
Ordine dei Geologi di Sicilia n° 1328

#### IL GEOTECNICO

Ing. Domenico D'Alessandro ('62)  
Ordine degli Ingegneri di Agrigento n° 634

VISTO:IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Massimiliano Fidenzi

VISTO:IL RESPONSABILE DEL  
SERVIZIO PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Antonio Valente

DATA

PROTOCOLLO

## GEOTECNICA

### RELAZIONE GEOTECNICA - PARTE III

CODICE PROGETTO		NOME FILE	REVISIONE	FOGLIO	SCALA:
LO407B D 0501		GE02 GET RE03.pdf			
CODICE ELAB.		T01GE02GETRE03	B	di	
D					
C					
B	REVISIONE a seguito istruttoria ANAS 19/03/07	Aprile 2007	E. Mittiga	F. Arciuli	C. Marro
A	EMISSIONE	Ottobre 2006	E. Mittiga	F. Arciuli	C. Marro
REV.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO RESP. TECNICO	CONTROLLATO RESP. D'ITINERARIO	APPROVATO RESP. DI SETTORE

**INDICE- parte II**

1)	<b>PREMESSA</b>	pag. 4
2)	<b>RIEPILOGO ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE EFFETTUATE</b>	pag. 8
3)	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE</b>	pag. 14
	<b>Descrizione ed interpretazione dei risultati delle indagini di FASE II</b>	
	3.1 - Indagini in sito	pag. 16
	3.2 - Prove di laboratorio	pag. 24
	3.3 - Prove penetrometriche	pag. 25
	3.4 - Prove pressiometriche	pag. 26
	3.5 - Prove sismiche	pag. 27
	3.5.1 - Prospezioni sismiche a rifrazione	pag. 27
	3.5.2 - Prove sismiche down hole	pag. 59
	3.6 – Pozzetti esplorativi e prove di carico su piastra	pag. 60
	3.7 – Prove inclinometriche	pag. 66
	3.8 - Caratterizzazione geotecnica	pag. 67
4)	<b>ANALISI GEOTECNICHE</b>	pag. 68
	<b><u>4.1 – OPERE D’ARTE MINORI</u></b>	pag. 68
	<b>4.1.1 – Opere di contenimento di scavi e rilevati</b>	pag. 68
	<i>(individuazione e verifica delle tipologie delle opere di sostegno e metodi di scavo)</i>	
	4.1.1.1 – Opere di contenimento con muri in c.a.	pag. 69
	4.1.1.2 – Opere di contenimento in terre armate	pag. 72

4.1.1.3 – Opere di contenimento con paratie	pag. 74
<b>4.1.2 – Rilevati e trincee</b>	pag. 78
4.1.2.1 – Verifica di stabilità delle scarpate	pag. 81
<i>(individuazione e verifica delle pendenze da attribuire agli scavi in trincea ed ai rilevati)</i>	
4.1.2.2 – Verifica dei cedimenti	pag. 83
<i>(verifica della compatibilità dei cedimenti del corpo stradale)</i>	
4.1.2.3 – Interventi di bonifica e di stabilizzazione	pag. 101
<i>(individuazione delle tratte da bonificare, in trincea e rilevato, con gli spessori di terreno superficiale da sostituire)</i>	
<b><u>4.2 – CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI MATERIALI</u></b>	pag. 105
4.2.1 – Materiali da cava di prestito	pag. 105
4.2.2 – Riutilizzo di materiali provenienti dagli scavi	pag. 106

## **INDICE- parte III**

### **4.3 – OPERE D’ARTE MAGGIORI**

<b><u>Profili geotecnici e dimensionamento fondazioni</u></b>	pag. 108
<i>(individuazione e verifica delle tipologie delle fondazioni delle opere d’arte)</i>	
4.3.1 – Viadotto Giulfo (VI01)	pag. 109
4.3.2 – Viadotto Favarella (VI02)	pag. 115
4.3.3 – Viadotto Fosso Mumia (VI03)	pag. 120
4.3.4 – Viadotto S.Giuliano (VI04)	pag. 126
4.3.5 – Viadotto S.Filippo Neri (VI05)	pag. 131
4.3.6 – Viadotto Busita 1 (VI06)	pag. 136
4.3.7 – Viadotto Busita 2 (VI07)	pag. 142
4.3.8 – Viadotto Busita 3 (VI08)	pag. 147
4.3.9 – Viadotto Santuzza 1 (VI09)	pag. 152
4.3.10– Viadotto Santuzza 2 (VI10)	pag. 157

4.3.11– Viadotto Santuzza 3 (VI11)	pag. 162
4.3.12 – Viadotto Arenella 1 (VI12)	pag. 167
4.3.13– Viadotto Arenella 2 (VI13)	pag. 173
4.3.14 – Viadotto Arenella 3 (VI14)	pag. 178
4.3.15 – Viadotto Salso (VI15)	pag. 185
4.3.16 – Viadotti VI16 e VI17	pag. 190
4.3.17 – Ponti secondarie	pag. 196
4.3.18 – Cavalcavia svincoli	pag. 203
4.3.19 – Cavalcavia e sottovia secondarie	pag. 218
4.3.20 – Determinazione coefficiente di gruppo	pag. 236
4.3.21– Analisi cedimento del palo singolo	pag. 237
5) <b>VERIFICHE DI STABILITÀ’ GLOBALE</b> <i>(pendii naturali)</i>	pag. 241
6) <b>GALLERIE NATURALI</b> <i>(caratterizzazione geotecnica)</i>	pag. 255
7) <b>SISMICITA’ DELL’AREA</b> <i>(interazione suolo-struttura)</i>	pag. 275
8) <b>CONCLUSIONI</b>	pag. 284

**APPENDICI ALLEGATE:**

APPENDICE A – Capacità portante pali di fondazione	– tabulati di calcolo
APPENDICE B – Opere di contenimento in terre armate	– tabulati di calcolo
APPENDICE C – Analisi dei cedimenti rilevati	– tabulati di calcolo
APPENDICE D – Verifiche di stabilità globale	– tabulati di calcolo

## **4.3 – OPERE D’ARTE MAGGIORI**

### **Profili geotecnici e dimensionamento fondazioni**

In questo paragrafo viene eseguito il dimensionamento fondale delle opere d'arte principali, costituite dai nuovi viadotti da realizzare lungo il tracciato, sia della nuova SS640 che delle secondarie, e dei cavalcavia in corrispondenza degli svincoli.

Qui di seguito, per ogni viadotto, vengono ricostruite le stratigrafie di calcolo relative a spalle e pile, desunte dal corrispondente profilo geotecnico di dettaglio, presentato in apposito allegato grafico in scala 2000/200, a cui si rimanda.

I parametri geotecnici forniti in corrispondenza di ciascuno strato individuato nelle varie stratigrafie sono desunti direttamente dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nei sondaggi di infittimento di fase II, realizzati appositamente per tale dimensionamento ed ubicati esattamente in corrispondenza della posizione di progetto di spalle e pile.

Tale ubicazione è stata effettuata fornendo all'esecutore dei sondaggi le coordinate topografiche, la cui posizione reale in campagna è stata individuata con l'ausilio di un localizzatore satellitare calibrato.

Per la ricostruzione dei profili geotecnici di dettaglio si è fatto inoltre riferimento ai sondaggi effettuati nella campagna di indagine di fase I ed Anas 1988 che ricadono nella zona di ubicazione della specifica opera d'arte.

La parametrizzazione geomeccanica dei litotipi così effettuata viene integrata, se necessario, dalla caratterizzazione geotecnica di inquadramento generale desunta dai risultati delle analisi geotecniche relative alle campagne di indagine di fase I ed Anas 1988, per la quale sono state ricostruite numerose stratigrafie di caratterizzazione geomeccanica lungo tutto lo sviluppo del tracciato.

#### 4.3.1 – Viadotto Giulfo (VI01)

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile dei viadotti, con plinti su pali rispettivamente del  $\phi$  1200 e del  $\phi$  1500.

##### Caratteristiche viadotto:

Denominazione	Giulfo (VI01)
Localizzazione	zona I.2 - Prima variante
Tipologia	acciaio - cls
<u>Carreggiata sx</u>	
Lunghezza complessiva	795 m.
Progressiva inizio	3149 m.
Progressiva fine	3946 m.
Numero Impalcati	13
Lungh. impalcati (m)	1x42.50+1x65+1x64.96+2x64.71+5x64.37+1x64.31+1x42.18

##### Carreggiata dx

Lunghezza complessiva	805 m.
Progressiva inizio	3148 m.
Progressiva fine	3946 m.
Numero Impalcati	13
Lungh. impalcati (m)	1x45.00 +11x65 +1x45

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Giulfo - VI01 – spalla A, pile da 1 a 10***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale I.2b
- sondaggi S.7,S.8,S10 fase II, campioni S7C1,S7C2,S7C3, S8C1,S8C2,S8C3, S8C4,S10C1)
- prova penetrometrica PD03,PD04 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 7.50	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi, passante ad alluvioni nella parte centrale</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.80 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 0.95 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
7.50 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.9 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.0 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 20^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa tortoniana, parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.7 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.6 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 21.5^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Giulfo - VI01 – spalla B, pile da 11 a 12***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale I.2b
- sondaggi S.11 fase I, campioni S11C1,S11C2,S11C3
- sondaggi S.7,S.8,S10 fase II, campioni S7C1,S7C2,S7C3, S8C1,S8C2,S8C3, S8C4,S10C1
- prova penetrometrica PD03,PD04 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 6.00	<p><b>TN</b> – Deposito elu-colluviale costituito da limo argilloso, alterato, colore bruno, ricco di sostanza organica, saturo e compressibile.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.9 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.6 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.25 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 18.5^\circ</math></p>
6.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.9 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.0 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 20^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa tortoniana, parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.7 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.6 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 21.5^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**



Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

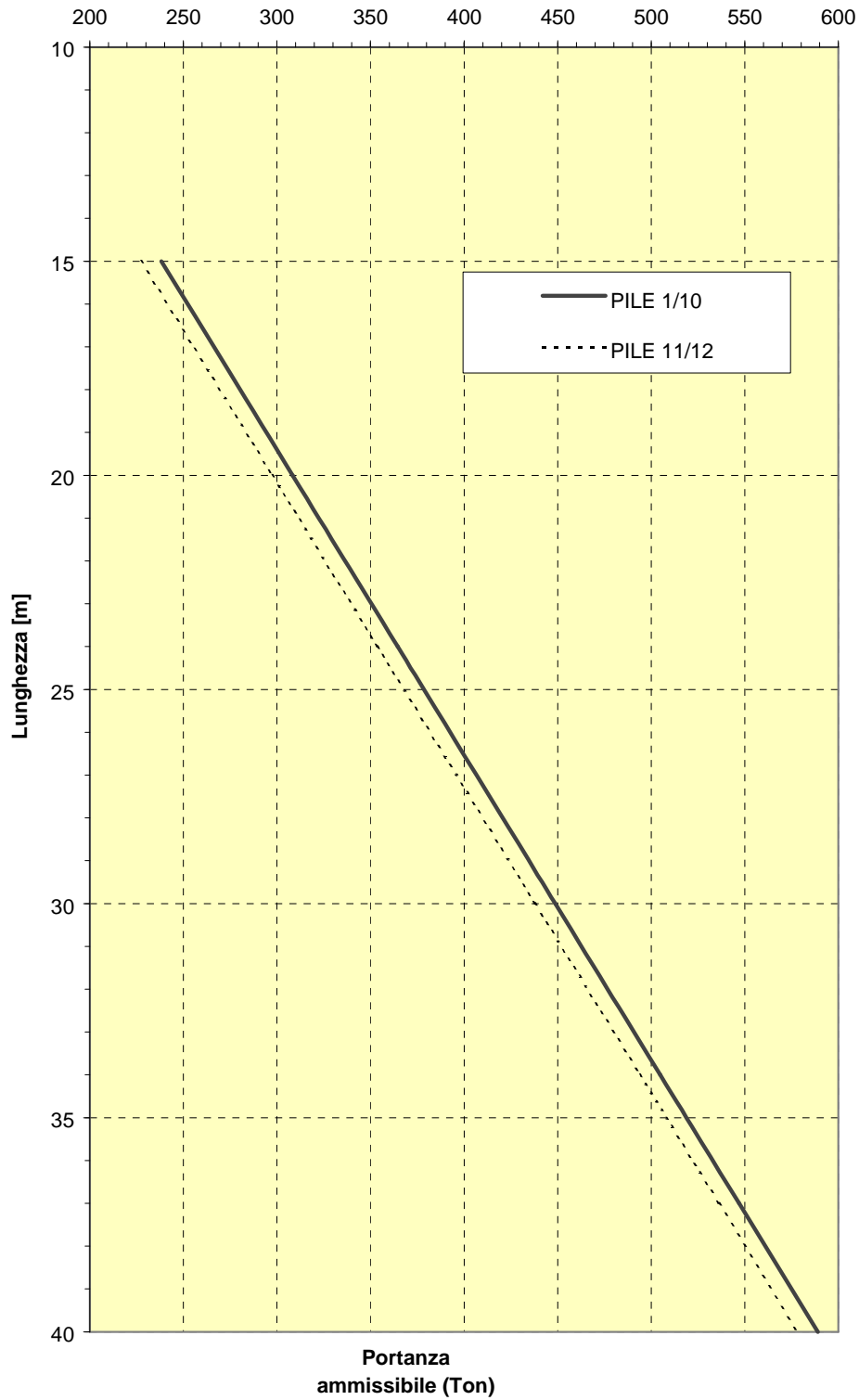
$\alpha$  coefficiente di adesione

Nelle pagine seguenti vengono presentate in grafico riassuntivo le capacità portanti del palo  $\phi$  1200 e palo  $\phi$  1500, per lunghezze fino a 40.00 m.

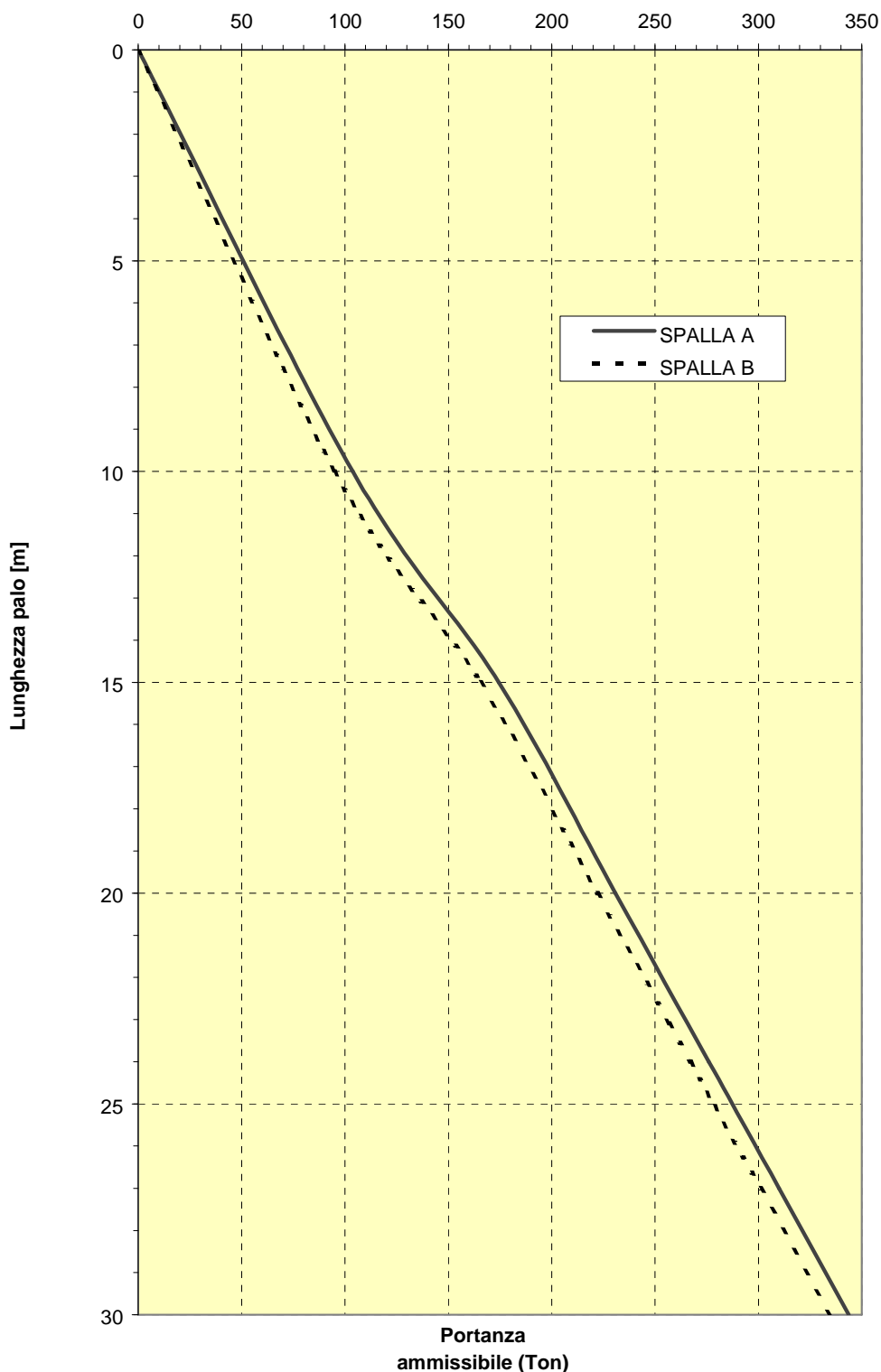
Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1500  
VIADOTTO VI01 - GIULFO- FONDAZIONI PILE**



**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1200  
VIADOTTO VI01 - GIULFO - FONDAZIONI SPALLE**



### 4.3.2 – Viadotto Favarella (VI02)

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile dei viadotti, con plinti su pali del  $\phi$  1200.

#### **Caratteristiche viadotto:**

Denominazione	Favarella (VI02)
Localizzazione	zona II.1 – Seconda variante
Tipologia	travi cap

#### **Carreggiata sx**

Lunghezza complessiva	122 m.
Progressiva inizio	10090 m.
Progressiva fine	10212 m.
Numero Impalcati	4
Lungh. impalcati (m)	1x30+2x31+1x30

#### **Carreggiata dx**

Lunghezza complessiva	122 m.
Progressiva inizio	10084 m.
Progressiva fine	10206 m.
Numero Impalcati	4
Lungh. impalcati (m)	1x30+2x31+1x30

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – viadotto favarella - VI02***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale II. 1c**- sondaggi S.17 fase I, campioni S17C1,S17C2,S17C3)*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 6.00	<p><b>ALF/LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi, passante ad alluvioni fini con inclusi lapidei nella parte centrale.</p> <p><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.8 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 14^\circ</math></p>
6.00 – 15.00	<p><b>FB/AMP1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte superiore</p> <p><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.10 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 20^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMP2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte profonda</p> <p><math>\gamma = 2.00 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 2.0 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 22^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

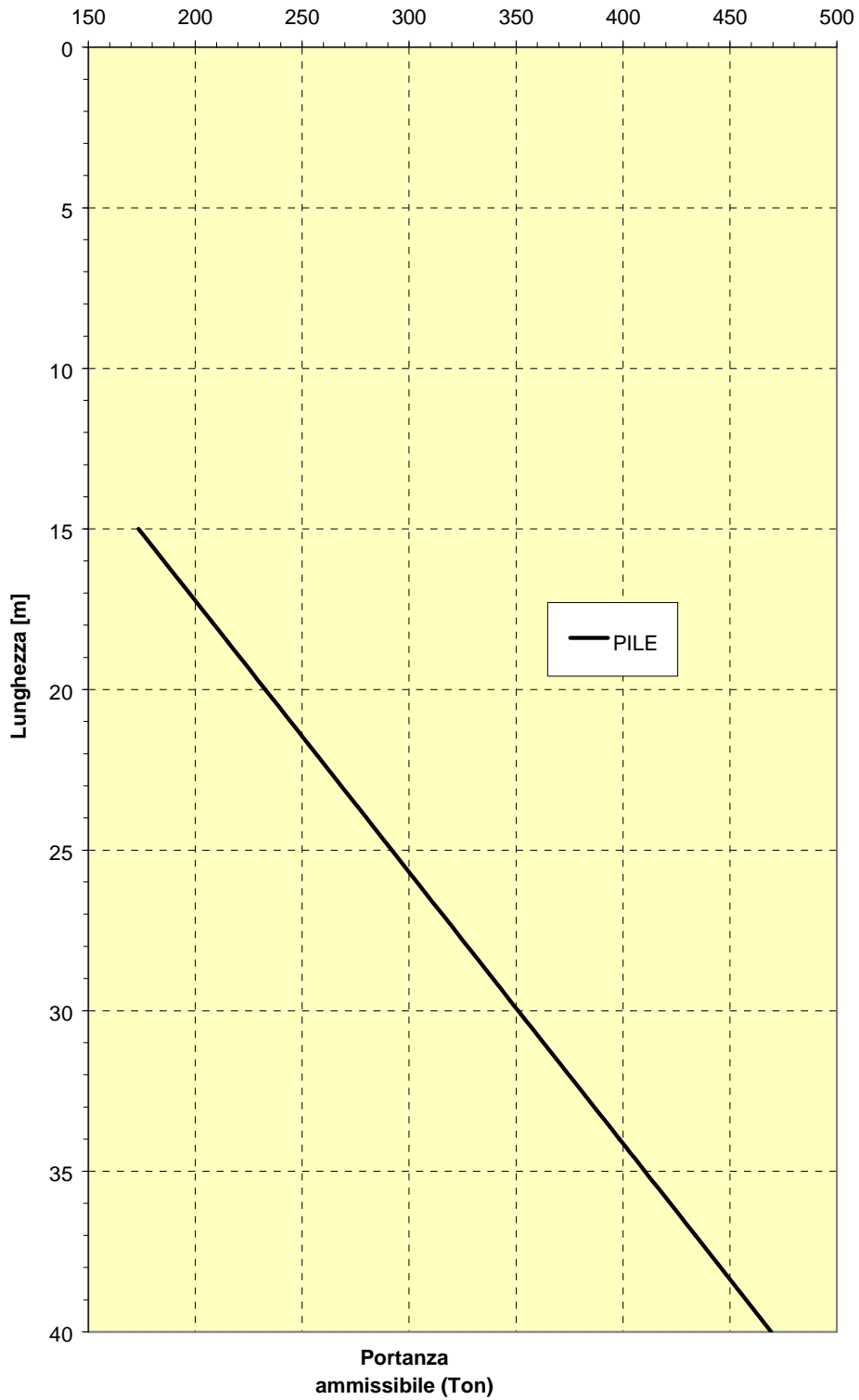
$\alpha$  coefficiente di adesione

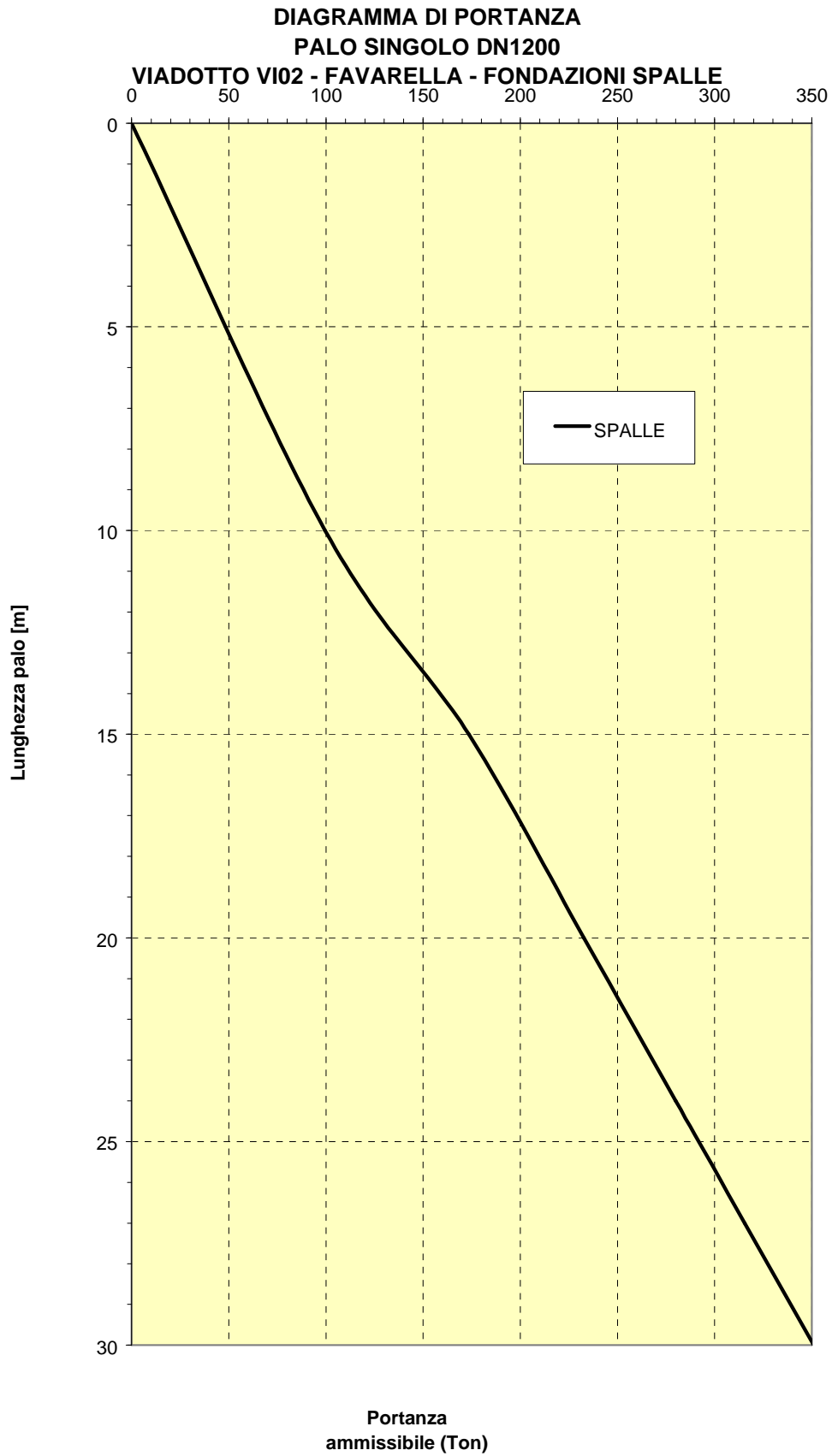
Nelle pagine seguenti vengono presentate in grafico riassuntivo le capacità portanti del palo  $\phi$  1200 per lunghezze fino a 40.00 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1200  
VIADOTTO VI02 - FAVARELLA - FONDAZIONI PILE**







**4.3.3 – Viadotto Mumia (VI03)**

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali rispettivamente del  $\phi$  1200 e del  $\phi$  1500.

**Caratteristiche viadotto:**

Denominazione	Mumia (VI03)
Localizzazione	zona II.3 – Seconda variante-tratto finale
Tipologia	acciaio - cls
<u>Carreggiata sx</u>	
Lunghezza complessiva	422.92 m.
Progressiva inizio	11098.81 m.
Progressiva fine	11523.78 m.
Numero Impalcati	8
Lungh. impalcati (m)	1x34.24 +1x48.98 +1x63.87 +1x63.81 +1x63.93 +1x64.16+1x49.30+1x34.63
<u>Carreggiata dx</u>	
Lunghezza complessiva	430 m.
Progressiva inizio	11097.76 m.
Progressiva fine	11525.88 m.
Numero Impalcati	8
Lungh. impalcati (m)	1x35 +1x50+4x65+1x50+1x35

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – viadotto mumia VI03 - pile***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale II.3a**- sondaggi S.21,S.22 fase I, campioni S21C1,S21C2,S21C3, S22C1,S22C2,S22C3)*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 9.00	<p><b>ALF</b> – Alluvioni fini costituite da limo argilloso con inclusi lapidei</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.8 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 0.75 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.5 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 16^\circ</math></p>
9.00 – 15.00	<p><b>FB/AMP1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.94 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.70 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.6 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 18^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMP2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.96 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 2.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.5 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 18^\circ</math></p>

**FALDA RINVENUTA A QUOTA -3.20 DA P.C.**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – viadotto mumia VI03 - spalle***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale II.3a**- sondaggi S.21, S.22 fase I, campioni S21C1, S21C2, S21C3, S22C1, S22C2, S22C3)*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 9.00	<p><b>LA</b> – Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro</p> <p><math>\gamma = 1.9 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.65 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 17^\circ</math></p>
9.00 – 15.00	<p><b>FB/AMP1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte superiore</p> <p><math>\gamma = 1.94 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.70 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.6 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 18^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMP2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte profonda</p> <p><math>\gamma = 1.96 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 2.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.5 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 18^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

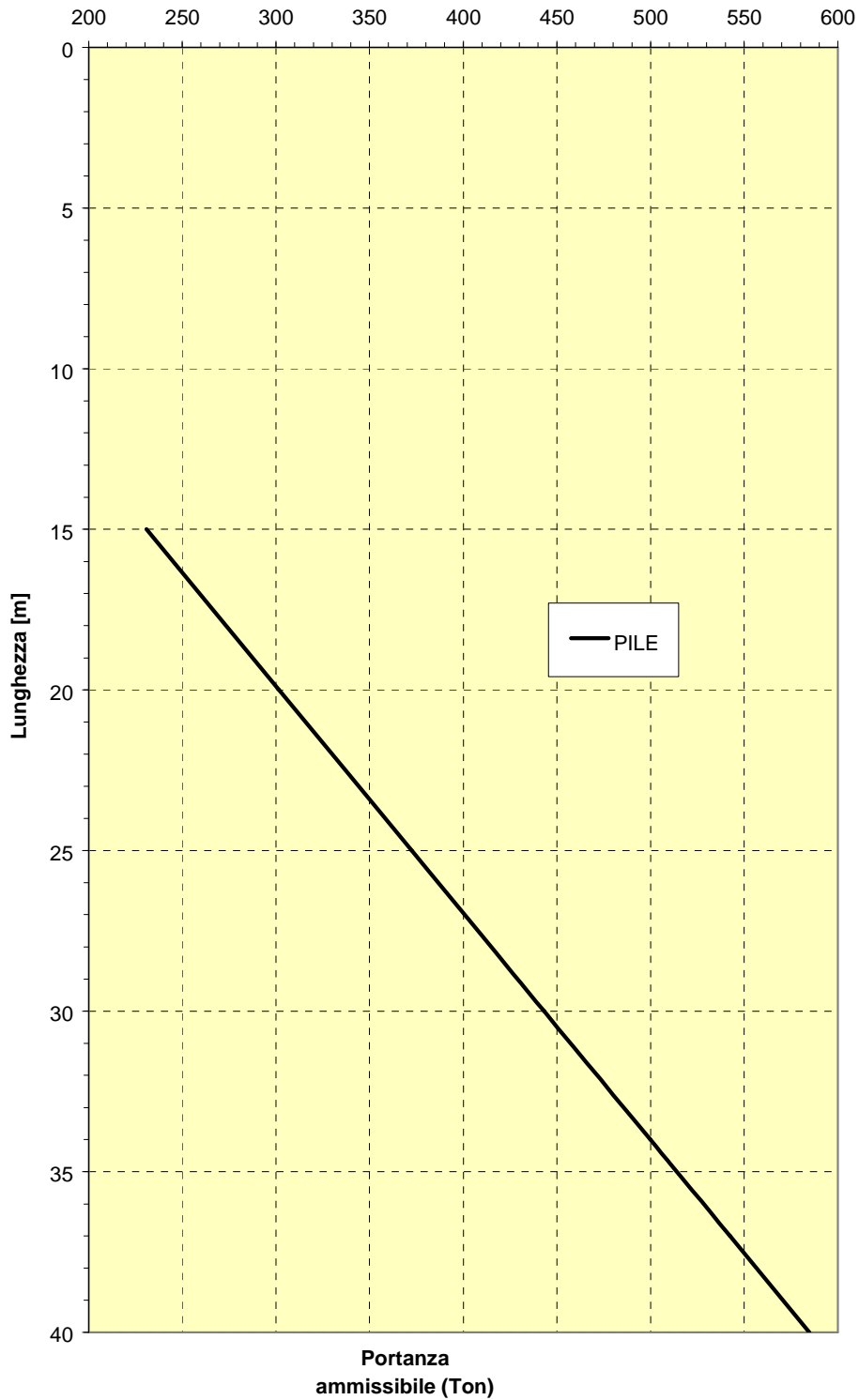
$\alpha$  coefficiente di adesione

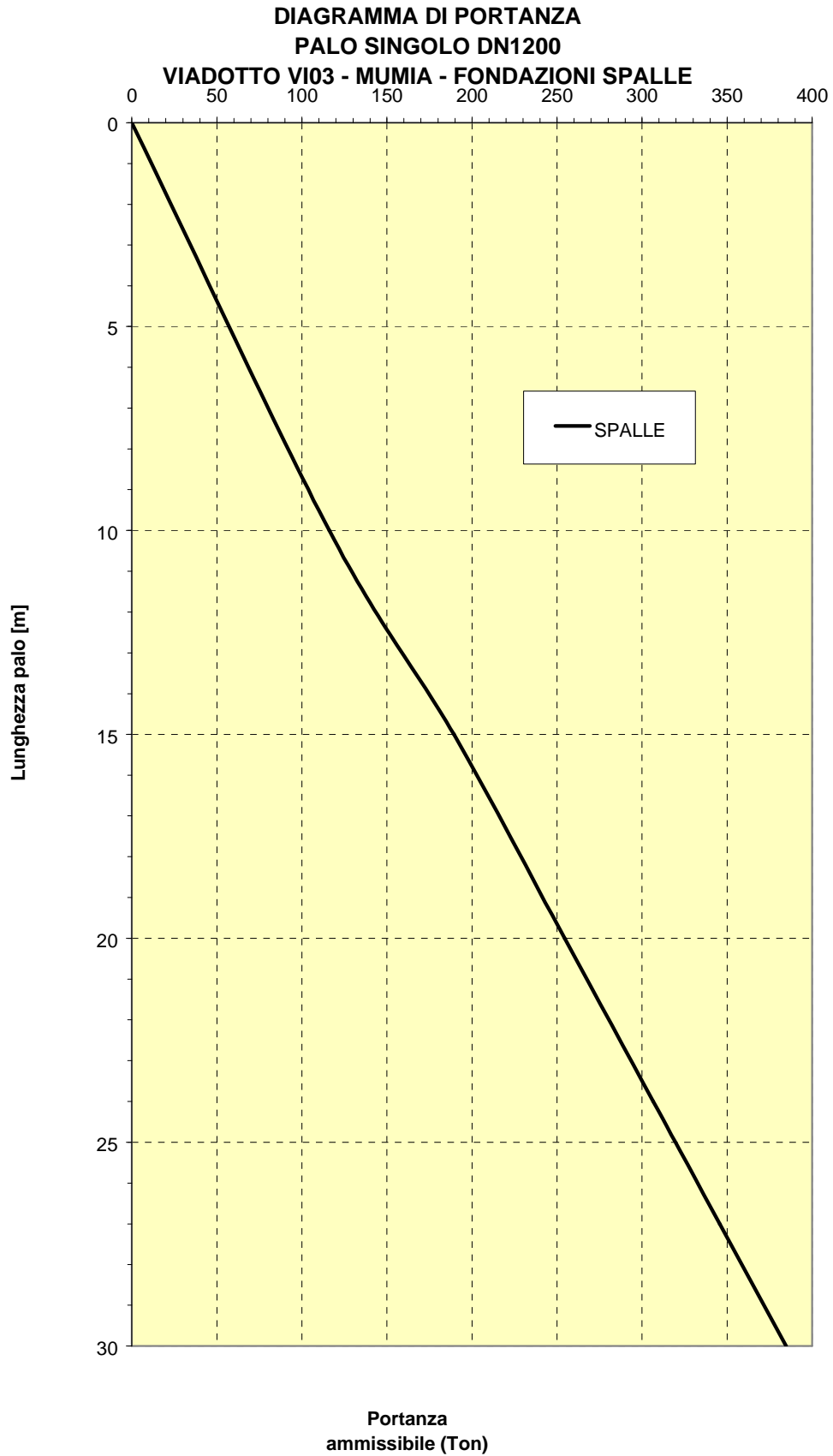
Nelle pagine seguenti vengono presentati in grafico riassuntivo la capacità portanti dei pali  $\phi$  1200 e  $\phi$  1500, per lunghezze fino a 40 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1500  
VIADOTTO VI03 - MUMIA - FONDAZIONI PILE**





#### 4.3.4 – Viadotto S.Giuliano (VI04)

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali del  $\phi$  1200.

##### Caratteristiche viadotto:

Denominazione	S.Giuliano (VI04)
Localizzazione	zona II.5 – C/da S.Filippo Neri
Tipologia	travi c.a.p

##### Carreggiata sx

Lunghezza complessiva	150 m.
Progressiva inizio	16977
Progressiva fine	17088
Numero Impalcati	5
Lungh. impalcati (m)	30

##### Carreggiata dx

Lunghezza complessiva	30
Progressiva inizio	16977
Progressiva fine	17088
Numero Impalcati	1
Lungh. impalcati (m)	30

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – Viadotto VI04 “S.Giuliano”***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale II.5a
- sondaggi S.30 S.53 fase 2, campioni S30C1,S30C2,S30C3,S53C1,S53C2,S53C3
- prova penetrometrica PD14 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 2.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.85 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.5 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
2.00 – 15.00	<p><b>FB/AB1</b> - Formazione di base – Breccia argillosa scagliosa, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.6 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.25 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 17.5^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AB2</b> - Formazione di base – Breccia argillosa scagliosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 2.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.25 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 23^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**



Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

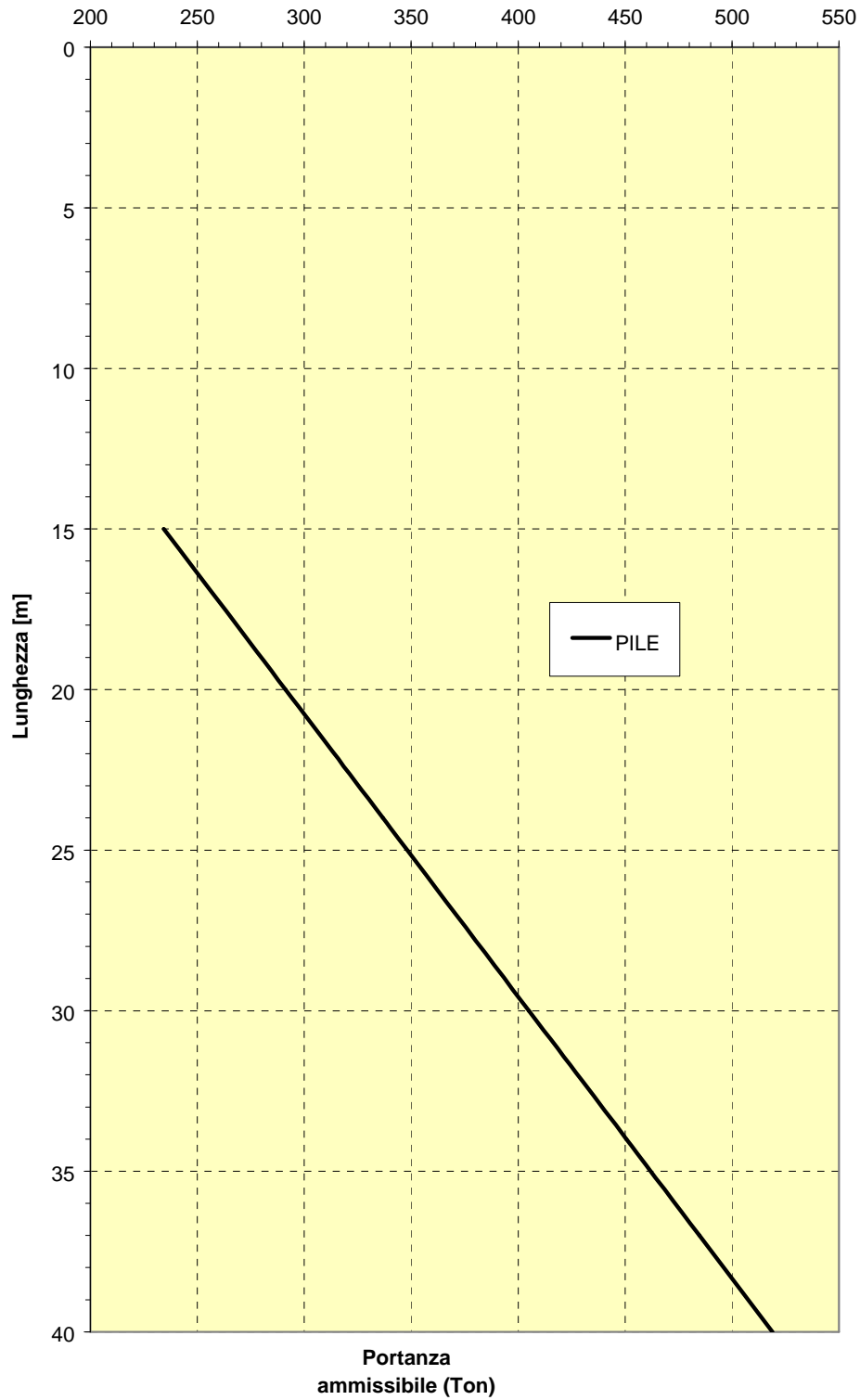
$\alpha$  coefficiente di adesione

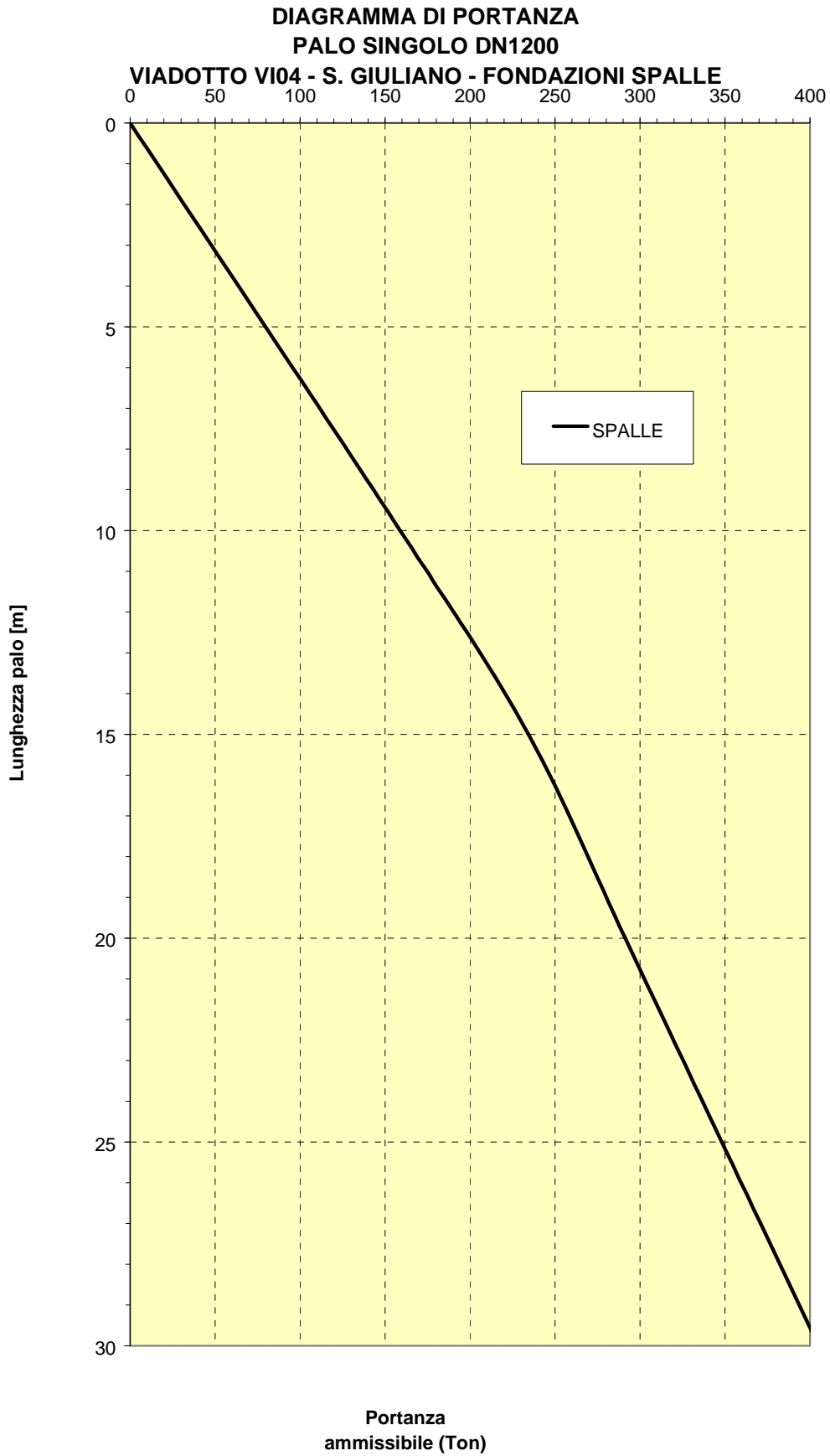
Nelle pagine seguenti vengono presentate in grafico riassuntivo le capacità portanti del palo  $\phi$  1200, per lunghezze fino a 30.00 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1200  
VIADOTTO VI04 - S. GIULIANO - FONDAZIONI PILE**





#### 4.3.5 – Viadotto S.Filippo Neri (VI05)

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali rispettivamente del  $\phi$  1200 e del  $\phi$  1500.

##### **Caratteristiche viadotto:**

Denominazione	S.Filippo Neri (VI05)
Localizzazione	zona II.5 – C/da S.Filippo Neri
Tipologia	acciaio - cls

##### **Carreggiata sx**

Lunghezza complessiva	188 m.
Progressiva inizio	17202.02 m.
Progressiva fine	17.392.02 m.
Numero Impalcati	4
Lungh. impalcati (m)	1x43+1x45+1x60+1x40

##### **Carreggiata dx**

Lunghezza complessiva	170 m.
Progressiva inizio	17222 m.
Progressiva fine	17392 m.
Numero Impalcati	4
Lungh. impalcati (m)	1x25+1x45+1x60+1x40

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto S.Filippo Neri - VI05***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale II.5a
- sondaggi S.30 fase 2, S.31 fase 1, campioni S30C1,S30C2,S30C3,S31C1,S31C2,S31C3
- prova penetrometrica PD03 fase I, PD14 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 4.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.9 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
4.00 – 15.00	<p><b>FB/AB1</b> - Formazione di base – Breccia argillosa scagliosa, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.9 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 23^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AB2</b> - Formazione di base – Breccia argillosa scagliosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 3.5 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.25 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 23^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

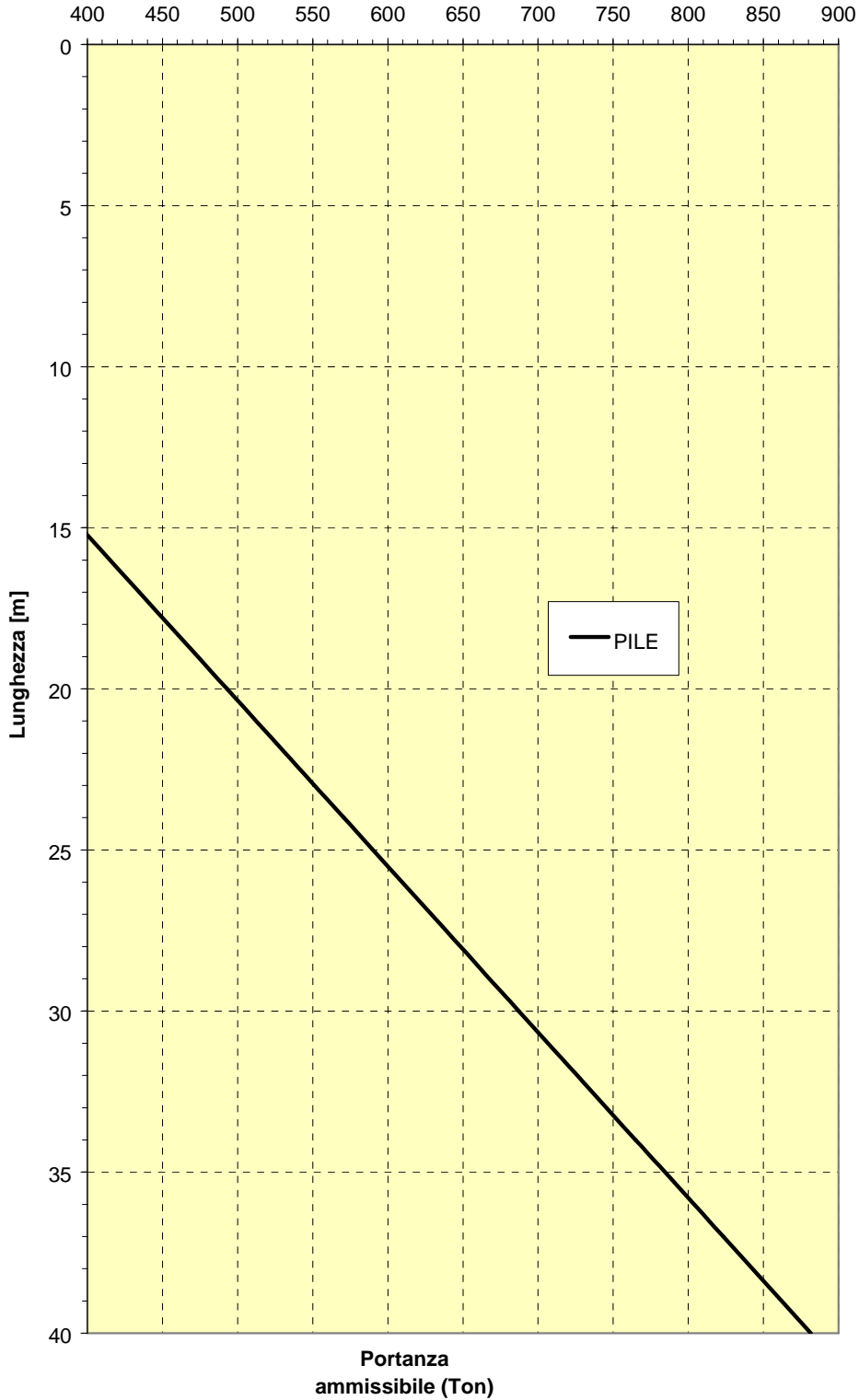
$\alpha$  coefficiente di adesione

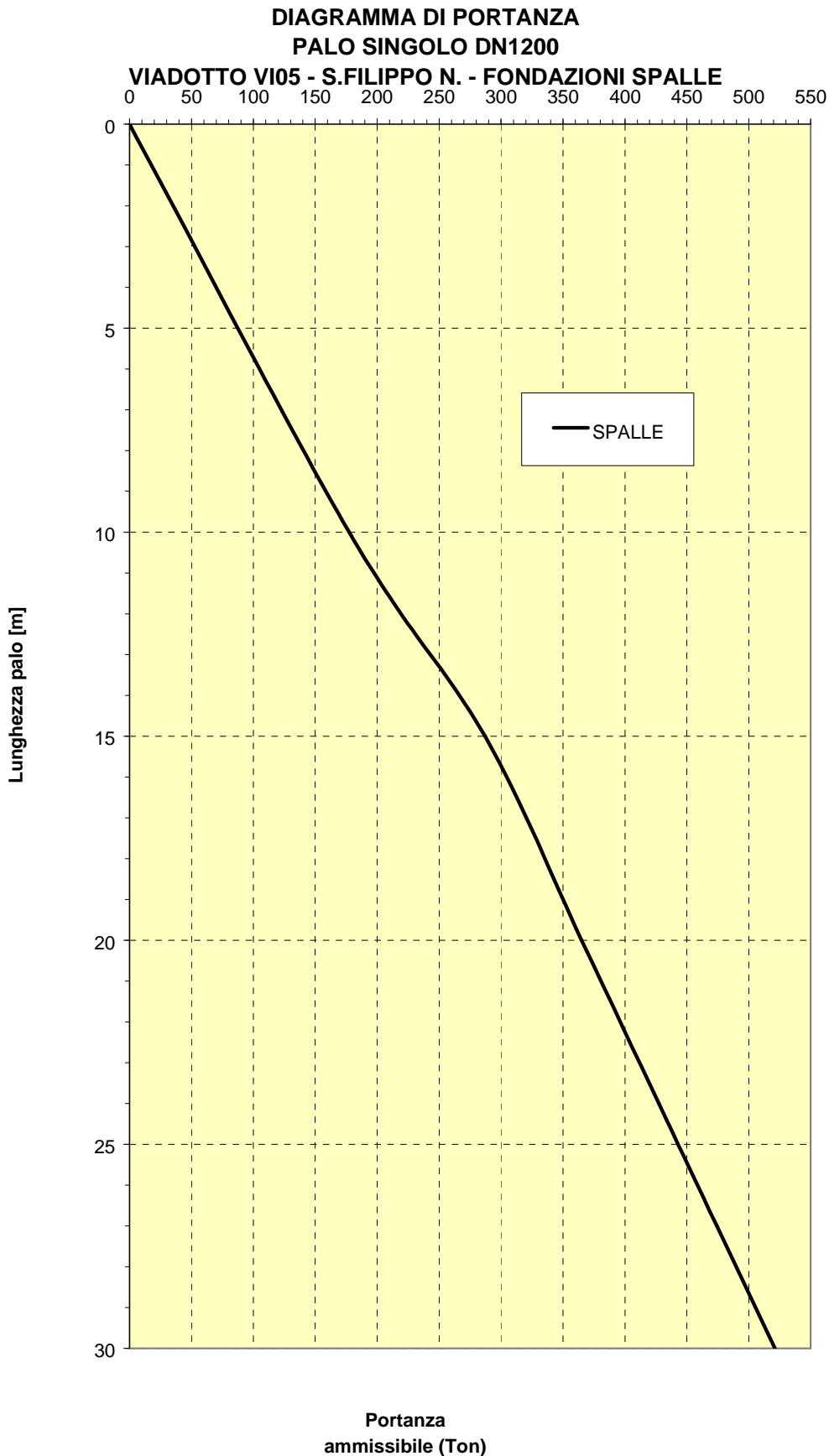
Nelle pagine seguenti vengono presentate in grafico riassuntivo le capacità portanti del palo  $\phi$  1200 e palo  $\phi$  1500, per lunghezze fino a 40.00 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1500  
VIADOTTO VI05- S.FILIPPO N. - FONDAZIONI PILE**







#### 4.3.6 – Viadotto Busita 1 (VI06)

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali rispettivamente del  $\phi$  1200 e del  $\phi$  1500.

##### Caratteristiche viadotto:

Denominazione	<b>Busita 1 (VI06)</b>
Localizzazione	zona II.5 – C/da S.Filippo Neri
Tipologia	acciaio - cls
<u>Carreggiata sx</u>	
Lunghezza complessiva	252 m.
Progressiva inizio	17659 m.
Progressiva fine	17906 m.
Numero Impalcati	5
Lungh. impalcati (m)	1x32+1x55+1x65+2x50
<u>Carreggiata dx</u>	
Lunghezza complessiva	229 m.
Progressiva inizio	17659 m.
Progressiva fine	17888 m.
Numero Impalcati	5
Lungh. impalcati (m)	1x32+1x50+1x65+1x50+1x32

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Busita 1 - VI06 – pile 1 e 2, spalla A***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale II.5c
- sondaggi S.33, S.34 fase 2, campioni S33C1, S33C2, S34C1, S34C2, S34C3
- prova penetrometrica PD04 fase I, PD15 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 4.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 0.5 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
4.00 – 15.00	<p><b>FB/AB1</b> - Formazione di base – Breccia argillosa scagliosa, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.35 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 23^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AB2</b> - Formazione di base – Breccia argillosa scagliosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.8 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 24^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Busita 1 - VI06 – pile 3 e 4, spalla B***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale II.5c
- sondaggi S.33,S.34 fase 2, campioni S33C1,S33C2,S34C1,S34C2,S34C3
- prova penetrometrica PD04 fase I, PD15 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 4.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.5 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
4.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.35 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 23^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa.</p> <p>parte profonda <span style="float: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math></span></p> <p style="text-align: right;"><math>C_u = 1.8 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 24^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

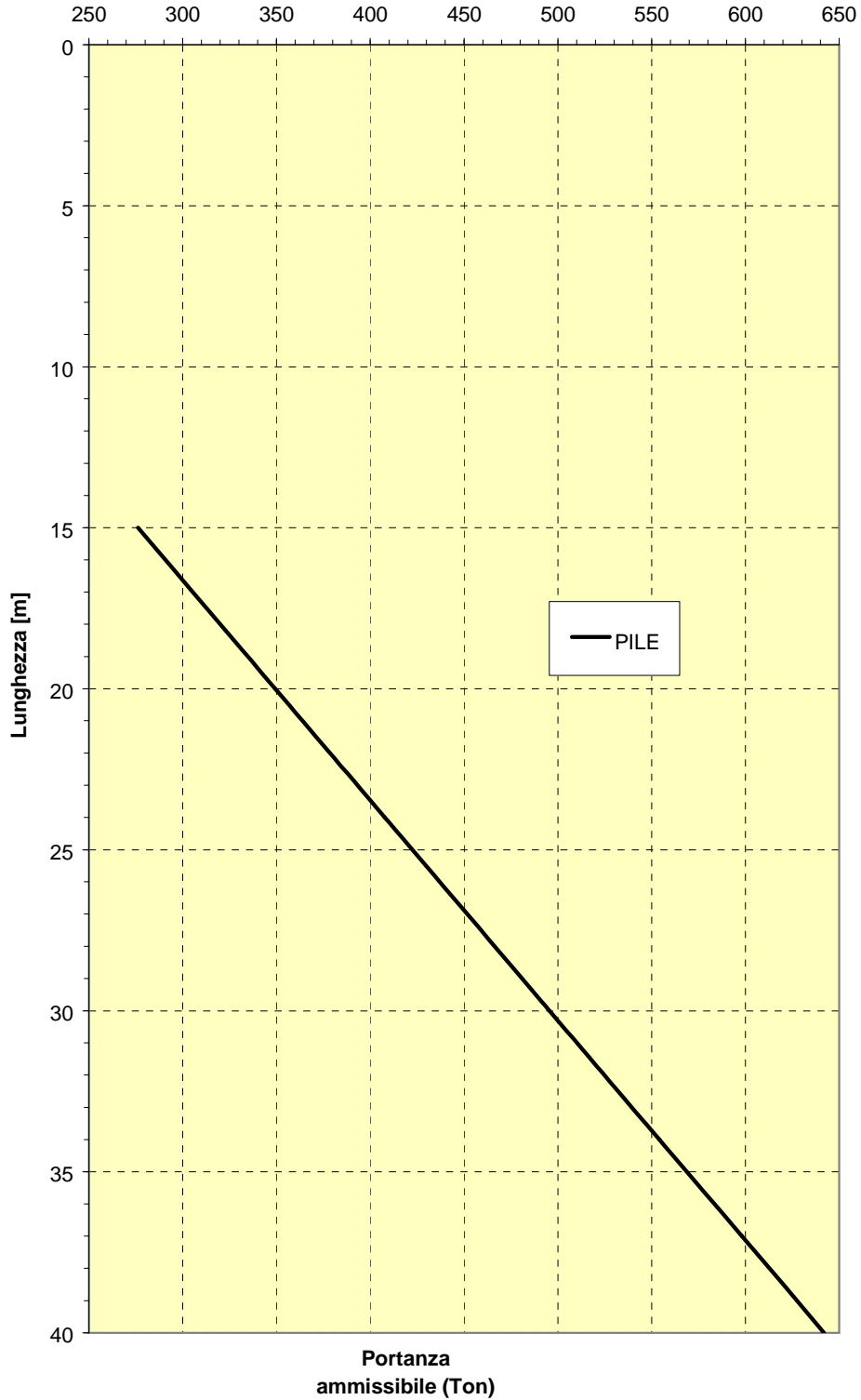
$\alpha$  coefficiente di adesione

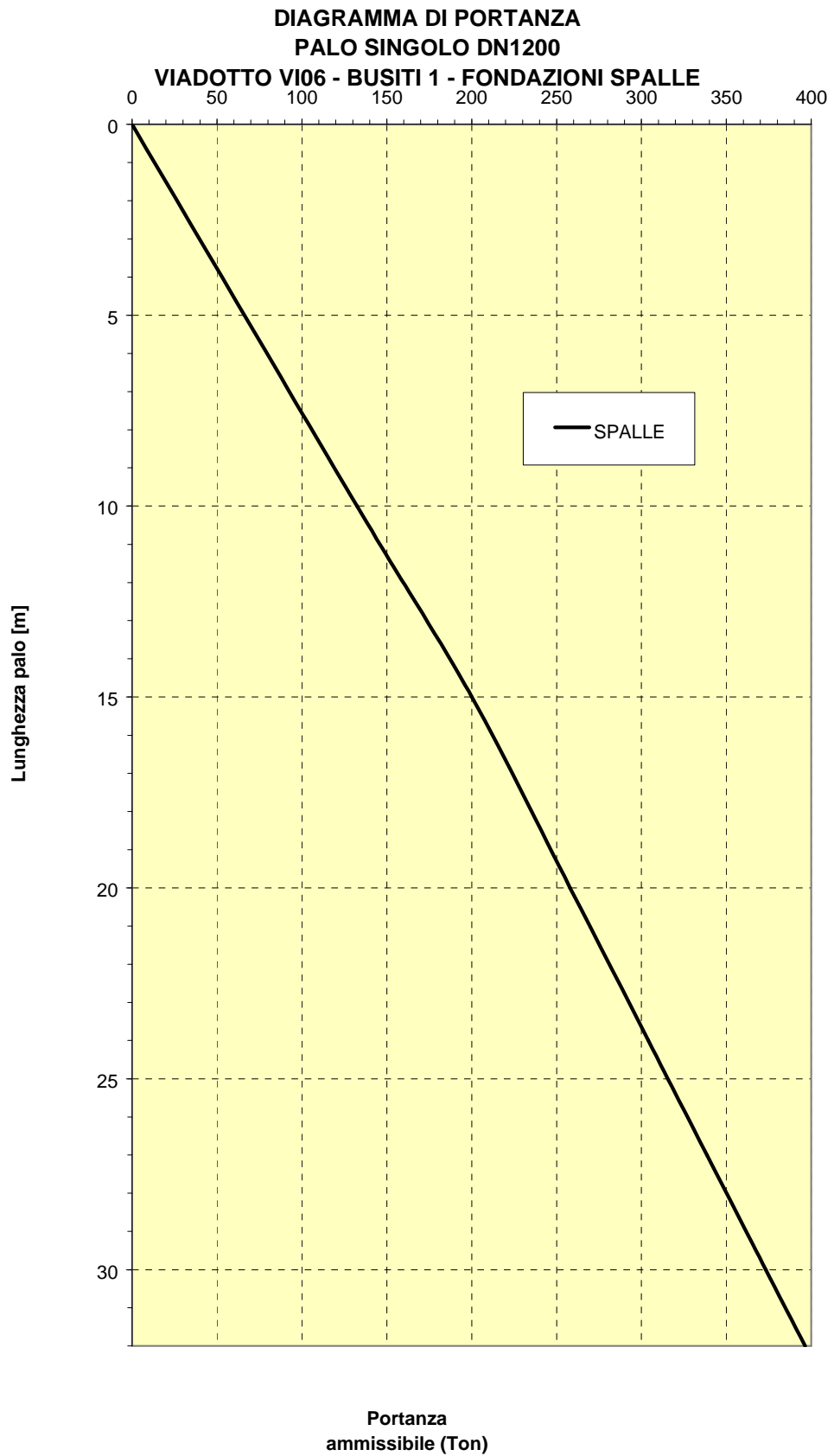
Nelle pagine seguenti vengono presentate in grafico riassuntivo le capacità portanti del palo  $\phi$  1200 e palo  $\phi$  1500, per lunghezze fino a 40.00 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1500  
VIADOTTO VI06- BUSITI 1 - FONDAZIONI PILE**





#### 4.3.7 – Viadotto Busita 2 (VI07)

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali rispettivamente del  $\phi$  1200 e del  $\phi$  1500.

##### Caratteristiche viadotto:

Denominazione	<b>Busita 2 (VI07)</b>
Localizzazione	zona III.1 – C/da Busita
Tipologia	acciaio - cls
<u>Carreggiata sx</u>	
Lunghezza complessiva	285 m.
Progressiva inizio	18120 m.
Progressiva fine	18404 m.
Numero Impalcati	5
Lungh. impalcati (m)	1x30+1x45+1x60+1x90+1x60
<u>Carreggiata dx</u>	
Lunghezza complessiva	251,21 m.
Progressiva inizio	18148,21 m.
Progressiva fine	18400,32 m.
Numero Impalcati	4
Lungh. impalcati (m)	1x44.19+1x59+1x88.67+1x59.35

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Busita 2 - VI07***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.1a
- sondaggi S.33,S.34,S.35 fase 2, campioni S33C1,S33C2,S34C1,S34C2,S34C3,S35C1, S35.C2, S35.C3
- prova penetrometrica PD16 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 4.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.8 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.12 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 17^\circ</math></p>
4.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.30 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 22^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. Parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.8 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 23^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**



Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

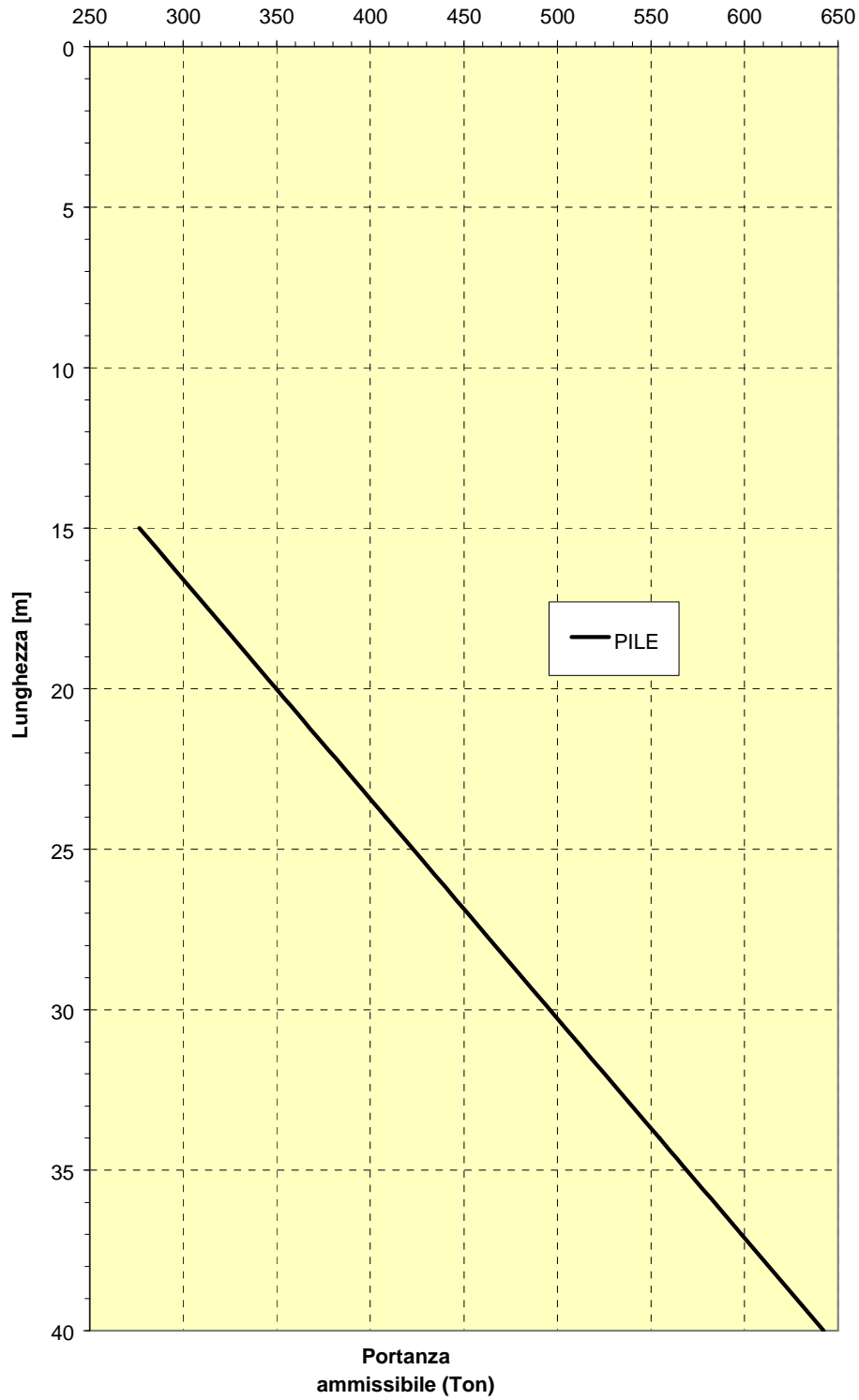
$\alpha$  coefficiente di adesione

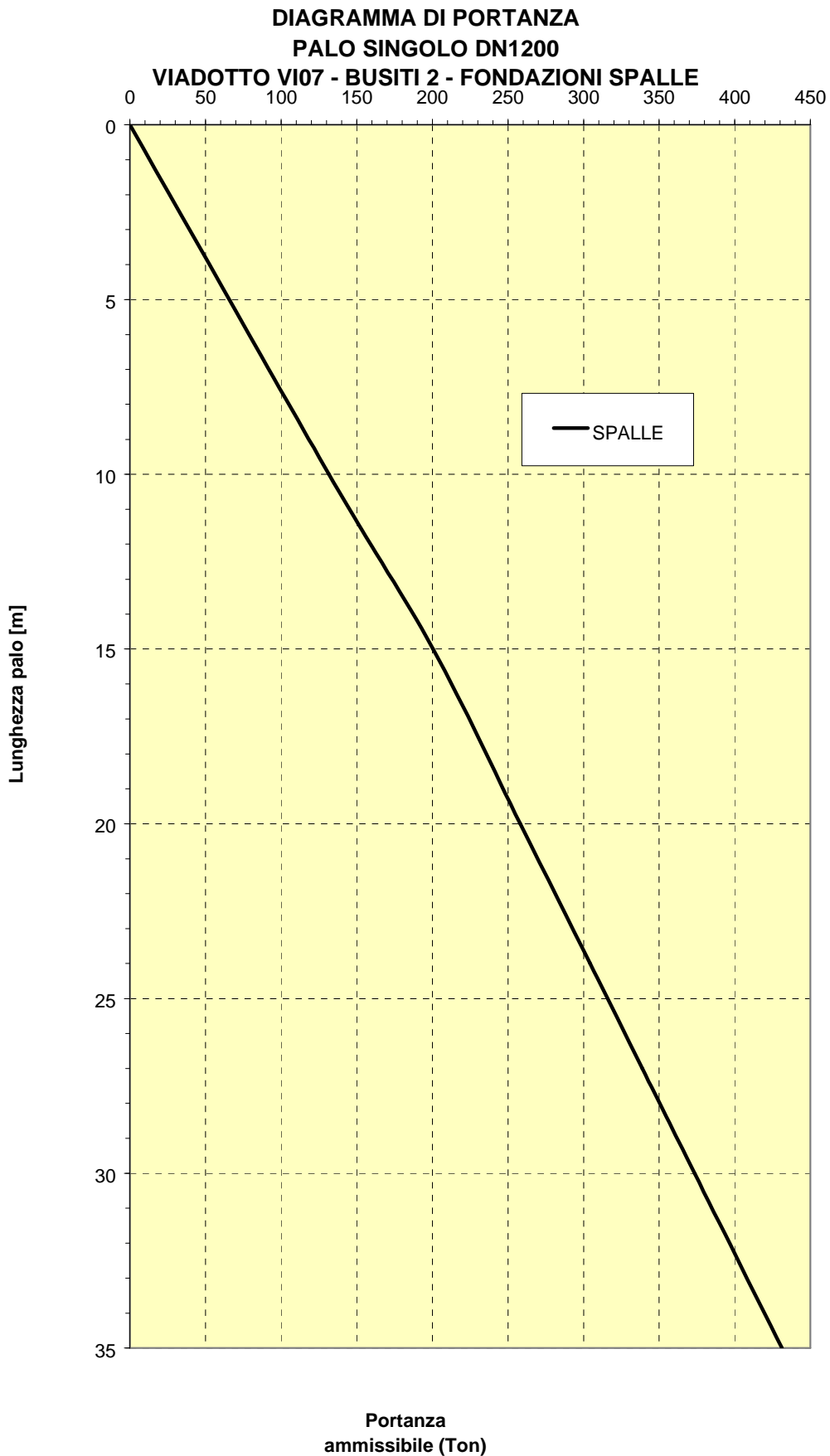
Nelle pagine seguenti vengono presentati in grafico riassuntivo le capacità portanti dei pali  $\phi$  1200 e  $\phi$  1500, per lunghezze fino a 40 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1500  
VIADOTTO VI07- BUSITI 2 - FONDAZIONI PILE**





#### 4.3.7 – Viadotto Busita 3 (VI08)

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali rispettivamente del  $\phi$  1200 e del 1500.

##### Caratteristiche viadotto:

Denominazione	<b>Busita 3 (VI08)</b>
Localizzazione	zona III.1 – C/da Busita
Tipologia	acciaio - cls
<u>Carreggiata sx</u>	
Lunghezza complessiva	350 m.
Progressiva inizio	18120 m.
Progressiva fine	18404 m.
Numero Impalcati	7
Lungh. impalcati (m)	1x35+1x50+3x60+1x50+1x35
<u>Carreggiata dx</u>	
Lunghezza complessiva	347,90 m.
Progressiva inizio	18148,21 m.
Progressiva fine	18400,32 m.
Numero Impalcati	7
Lungh. impalcati (m)	1x35+1x50+1x59.9+1x59.6+1x59.3+1x49.4 +1x34.6

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Busita 3 - VI08***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.2a
- sondaggi S.37 fase I, campioni S37C1, S37C2)
- sondaggi S.54, S.55 fase II, campioni S54C1, S54C2, S54C3, S55C1, S55C2)
- prova penetrometrica PD18 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 4.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.85 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.65 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.20 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 15^\circ</math></p>
4.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.30 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.25 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 18,5^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.8 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.25 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 21^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

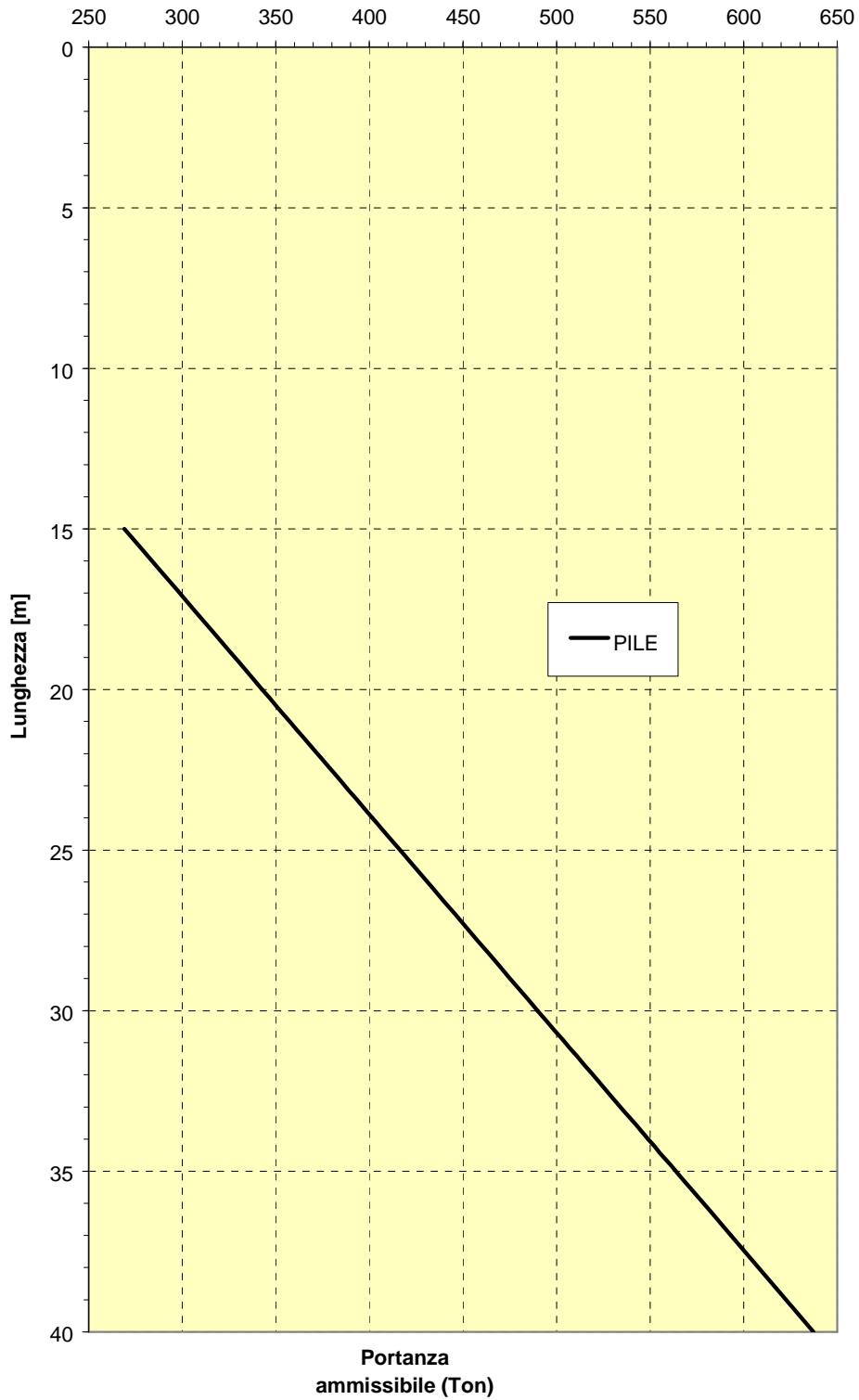
$\alpha$  coefficiente di adesione

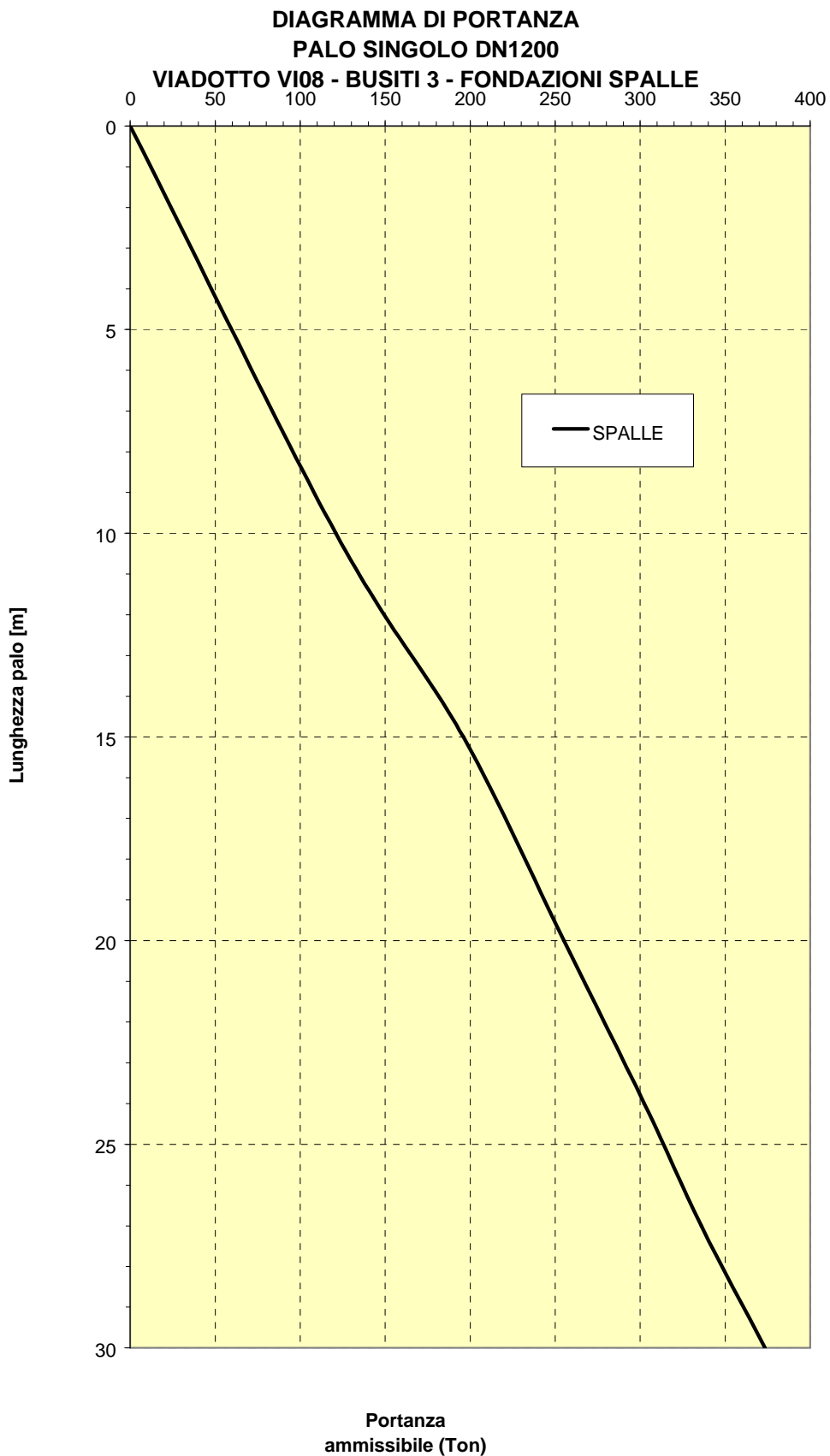
Nelle pagine seguenti vengono presentati in grafico riassuntivo le capacità portanti dei pali  $\phi$  1200 e  $\phi$  1500, per lunghezze fino a 40 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1500  
VIADOTTO VI08- BUSITI 3 - FONDAZIONI PILE**







#### 4.3.9 – Viadotto Santuzza 1 (VI09)

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali del  $\phi$  1200.

##### **Caratteristiche viadotto:**

Denominazione	<b>Santuzza 1 (VI09)</b>
Localizzazione	zona III.2 – C/da Abbazia Santuzza
Tipologia	travi cap
<u>Carreggiata sx</u>	
Lunghezza complessiva	184 m.
Progressiva inizio	19800 m.
Progressiva fine	19984 m.
Numero Impalcati	6
Lungh. impalcati (m)	1x30+4x31+1x30
<u>Carreggiata dx</u>	
Lunghezza complessiva	184 m.
Progressiva inizio	19794.25 m.
Progressiva fine	19979,25 m.
Numero Impalcati	6
Lungh. impalcati (m)	1x30+4x31+1x30

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Santuzza 1 -VI09***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.2a
- sondaggi S.38 fase I, campioni S38C1, S38C2)
- sondaggi S.56 fase II, campioni S56C1, S56C2, S56C3)
- prova penetrometrica PD19, PD20 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 6.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 0.7 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.10 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
6.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 0.95 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 20^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.6 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.1 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 21^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

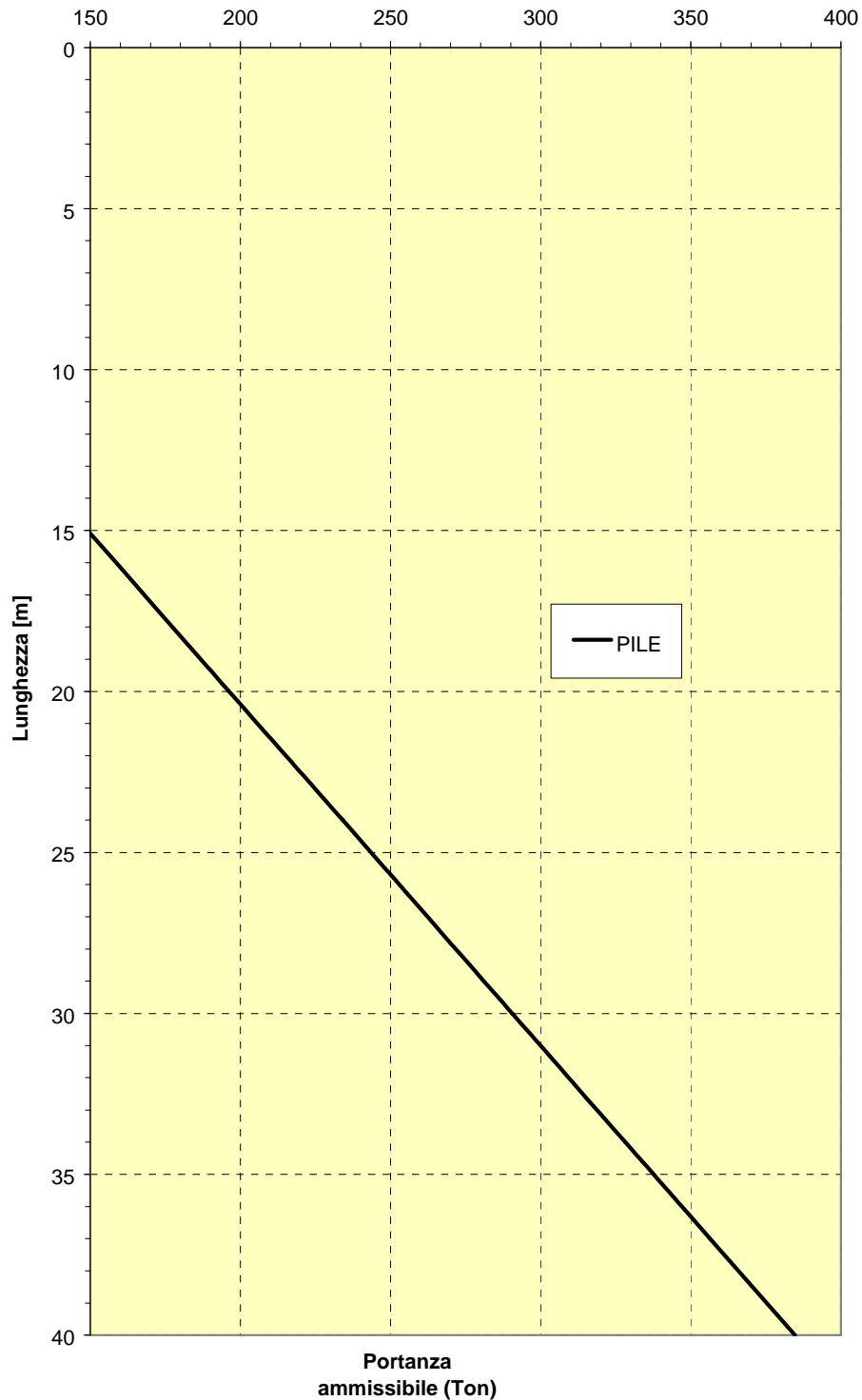
$\alpha$  coefficiente di adesione

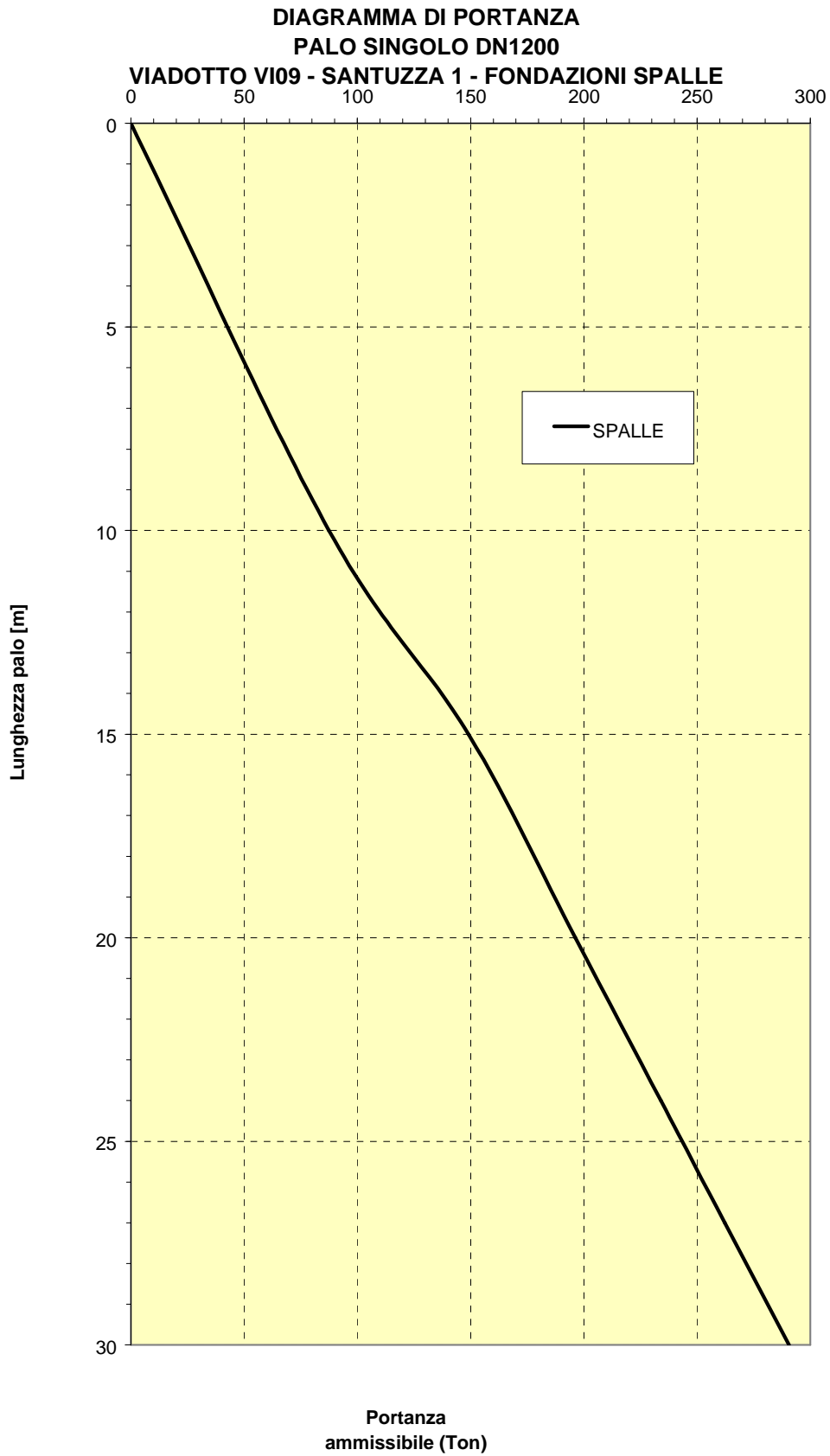
Nelle pagine seguenti vengono presentati in grafico riassuntivo le capacità portanti dei pali  $\phi$  1200 per lunghezze fino a 40 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1200  
VIADOTTO VI09 - SANTUZZA 1 - FONDAZIONI PILE**





**4.3.10– Viadotto Santuzza 2 (VI10)**

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali rispettivamente del  $\phi$  1200 e del  $\phi$  1500.

**Caratteristiche viadotto:**

Denominazione	<b>Santuzza 2 (VI10)</b>
Localizzazione	zona III.2 – C/da Abbazia Santuzza
Tipologia	acciaio-clc
<u>Carreggiata sx</u>	
Lunghezza complessiva	425.2 m.
Progressiva inizio	20300 m.
Progressiva fine	20757 m.
Numero Impalcati	9
Lungh. impalcati (m)	1x39.5+1x49.5+1x49.4+1x49.5+3x49.4+ 1x49.5+1x39.77
<u>Carreggiata dx</u>	
Lunghezza complessiva	430 m.
Progressiva inizio	20324,12 m.
Progressiva fine	20752,36 m.
Numero Impalcati	9
Lungh. impalcati (m)	1x40+7x50+1x40

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nella stratigrafia seguente.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – viadotto Santuzza 2 – VI10***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.2b
- sondaggi S.39 fase I, campioni S39C1,S39C2,S39C3)
- sondaggi S.56 fase II, campioni S56C1,S56C2,S56C3)
- prova penetrometrica PD21-PD22 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 7.50	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.1 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
7.50 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.3 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 21^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 2.0 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 21^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

$\alpha$  coefficiente di adesione

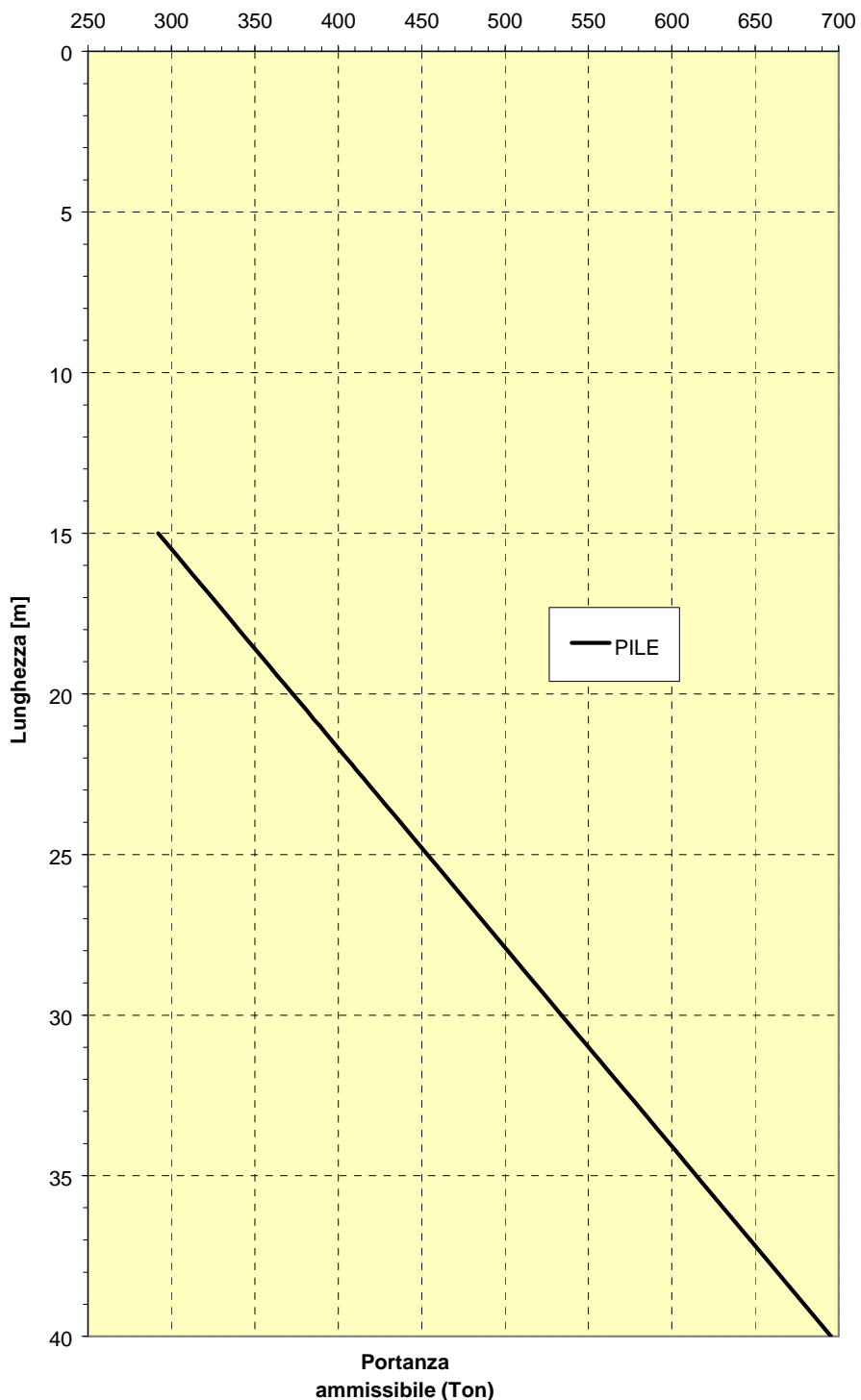
Nelle pagine seguenti vengono presentate in grafico riassuntivo le capacità portanti dei pali  $\phi$  1200 e  $\phi$  1500, per lunghezza fino a 40.00 m.

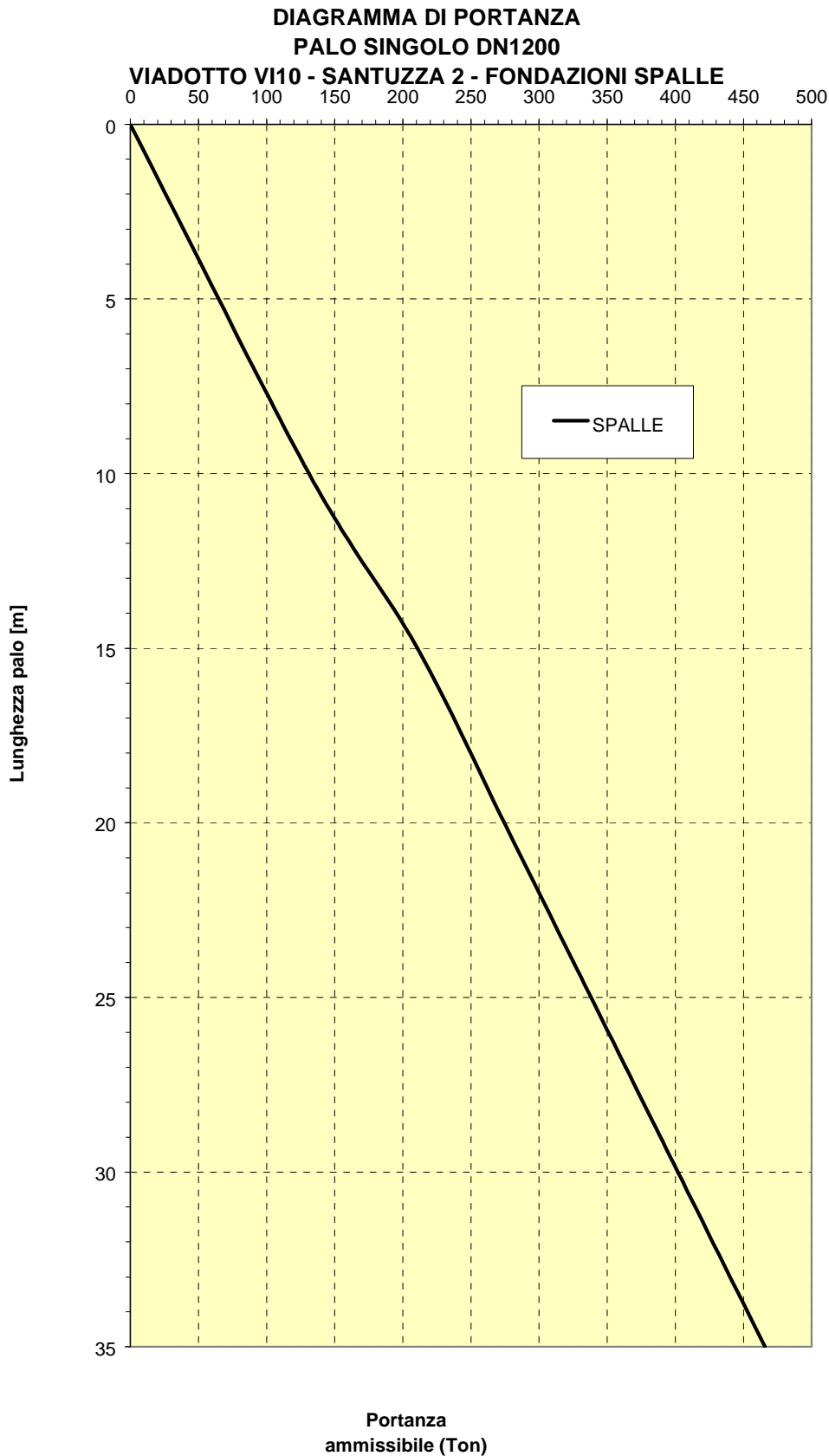
Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.



**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1500  
VIADOTTO VI10 - SANTUZZA 2 - FONDAZIONI PILE**





**4.3.11– Viadotto Santuzza 3 (VI11)**

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali rispettivamente del  $\phi$  1200 e del  $\phi$  1500.

**Caratteristiche viadotto:**

Denominazione	<b>Santuzza 3 (VI11)</b>
Localizzazione	zona III.2 – C/da Abbazia Santuzza
Tipologia	acciaio-clc
<u>Carreggiata sx</u>	
Lunghezza complessiva	220 m.
Progressiva inizio	20807,68 m.
Progressiva fine	22027,02 m.
Numero Impalcati	5
Lungh. impalcati (m)	1x35+3x50+1x35
<u>Carreggiata dx</u>	
Lunghezza complessiva	218,30 m.
Progressiva inizio	20803 m.
Progressiva fine	21021,94 m.
Numero Impalcati	5
Lungh. impalcati (m)	1x34.9+1x49.8+1x49.6+1x49.4+1x34.6

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nella stratigrafia seguente.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Santuzza 3 - VI11***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.2b
- sondaggi S.39, S.40 fase I, campioni S39C1, S39C2, S39C3, S40C2, S40C3)
- prova penetrometrica PD22 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 4.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.1 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
4.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.00 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.8 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 20^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 2.0 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 21^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

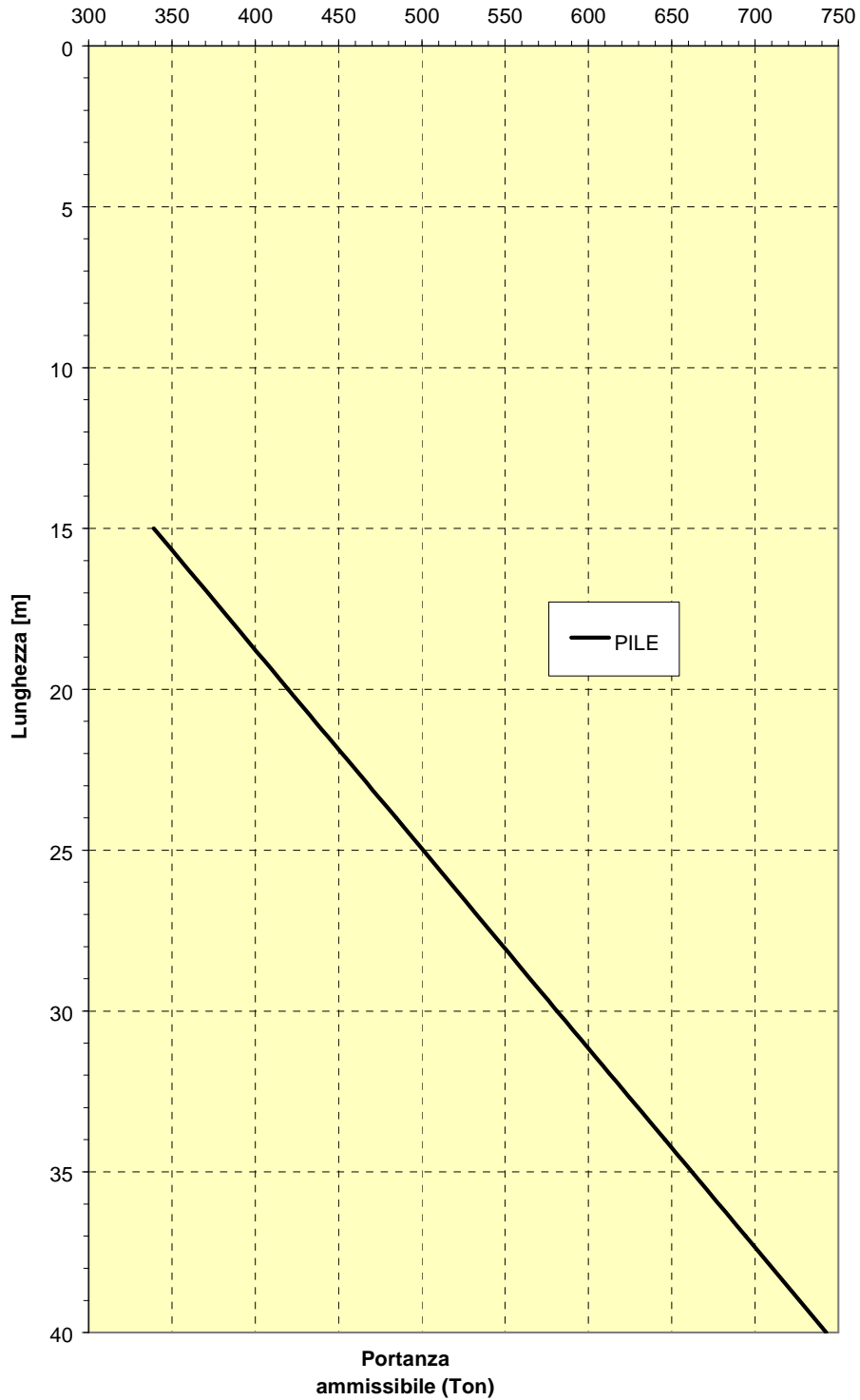
$\alpha$  coefficiente di adesione

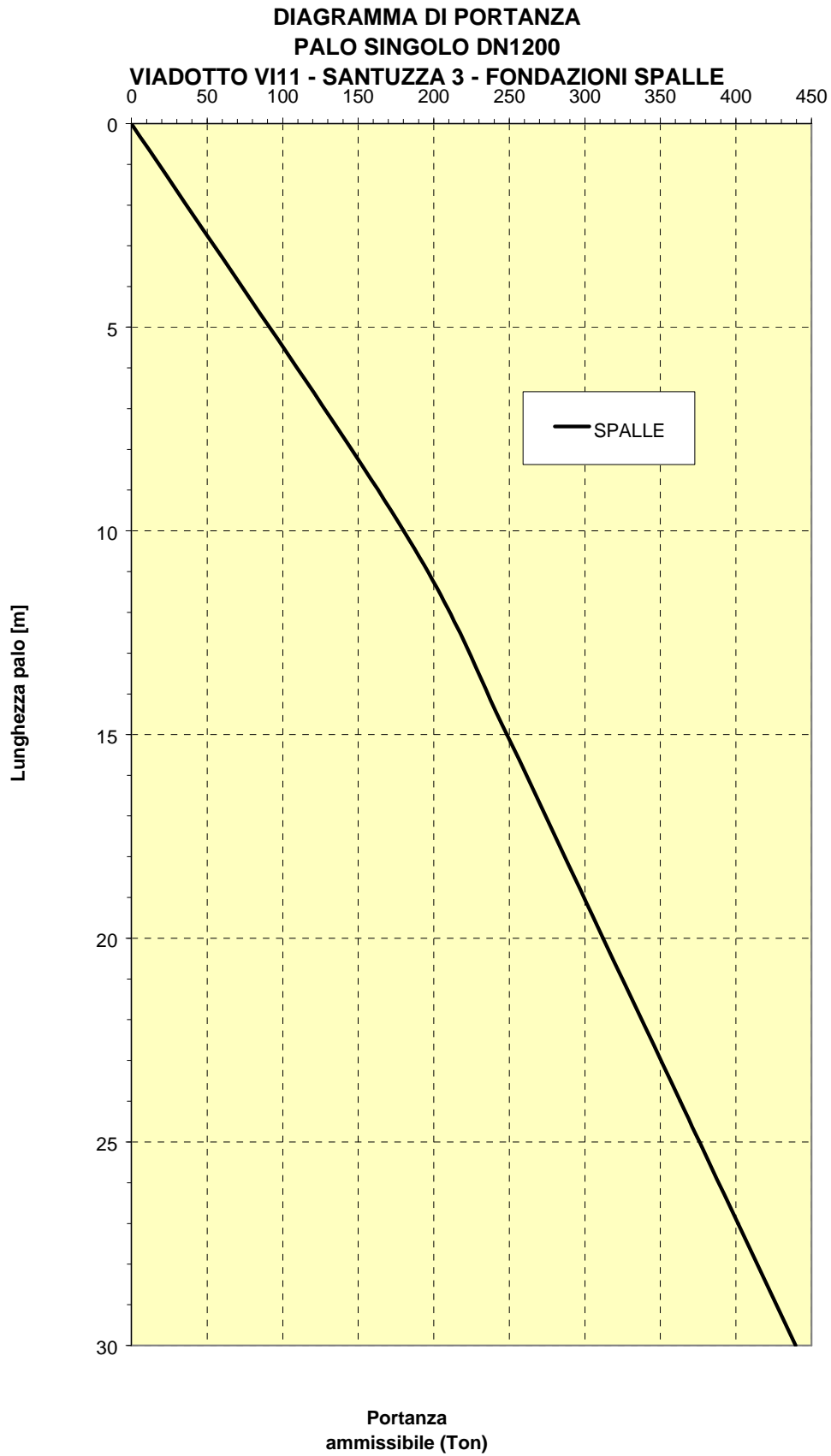
Nelle pagine seguenti vengono presentate in grafico riassuntivo le capacità portanti del palo  $\phi$  1200 e palo  $\phi$  1500, per lunghezze fino a 40.00 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1500  
VIADOTTO VI11 - SANTUZZA 3 - FONDAZIONI PILE**





**4.3.12 – Viadotto Arenella 1 (VI12)**

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali del  $\phi$  1200.

**Caratteristiche viadotto:**

Denominazione	<b>Arenella 1 (VI12)</b>
Localizzazione	zona III.3 – C/da Arenella
Tipologia	travi cap
<u>Carreggiata sx</u>	
Lunghezza complessiva	184,88 m.
Progressiva inizio	22646,41 m.
Progressiva fine	22830,41 m.
Numero Impalcati	6
Lungh. impalcati (m)	1x30,14+4x31.15+1x30.14
<u>Carreggiata dx</u>	
Lunghezza complessiva	184 m.
Progressiva inizio	22640 m.
Progressiva fine	22823,12 m.
Numero Impalcati	6
Lungh. impalcati (m)	1x30+4x31+1x30

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.



**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Arenella 1 - VI12 – spalle e pile 1 e 5***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.3a;
- sondaggi S.41 fase II, campioni S41C1,S41C2,S41C3)
- prova penetrometrica PD26 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 4.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.85 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.7 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 17^\circ</math></p>
4.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.80 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.20 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 2.1 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.25 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 20^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Arenella 1 - VI12– pile 2,3 e 4***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.3a;
- sondaggi S.41 fase II, campioni S41C1,S41C2,S41C3)
- prova penetrometrica PD26 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 10.00	<p><b>ALF</b> - Alluvioni fini con inclusi lapidei</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.85 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.5 \text{ Kg/cm}^2</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cm}^2</math>  <math>\phi' = 17^\circ</math></p>
10.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.80 \text{ Kg/cm}^2</math>  <math>c' = 0.20 \text{ Kg/cm}^2</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 2.1 \text{ Kg/cm}^2</math>  <math>c' = 0.25 \text{ Kg/cm}^2</math>  <math>\phi' = 20^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

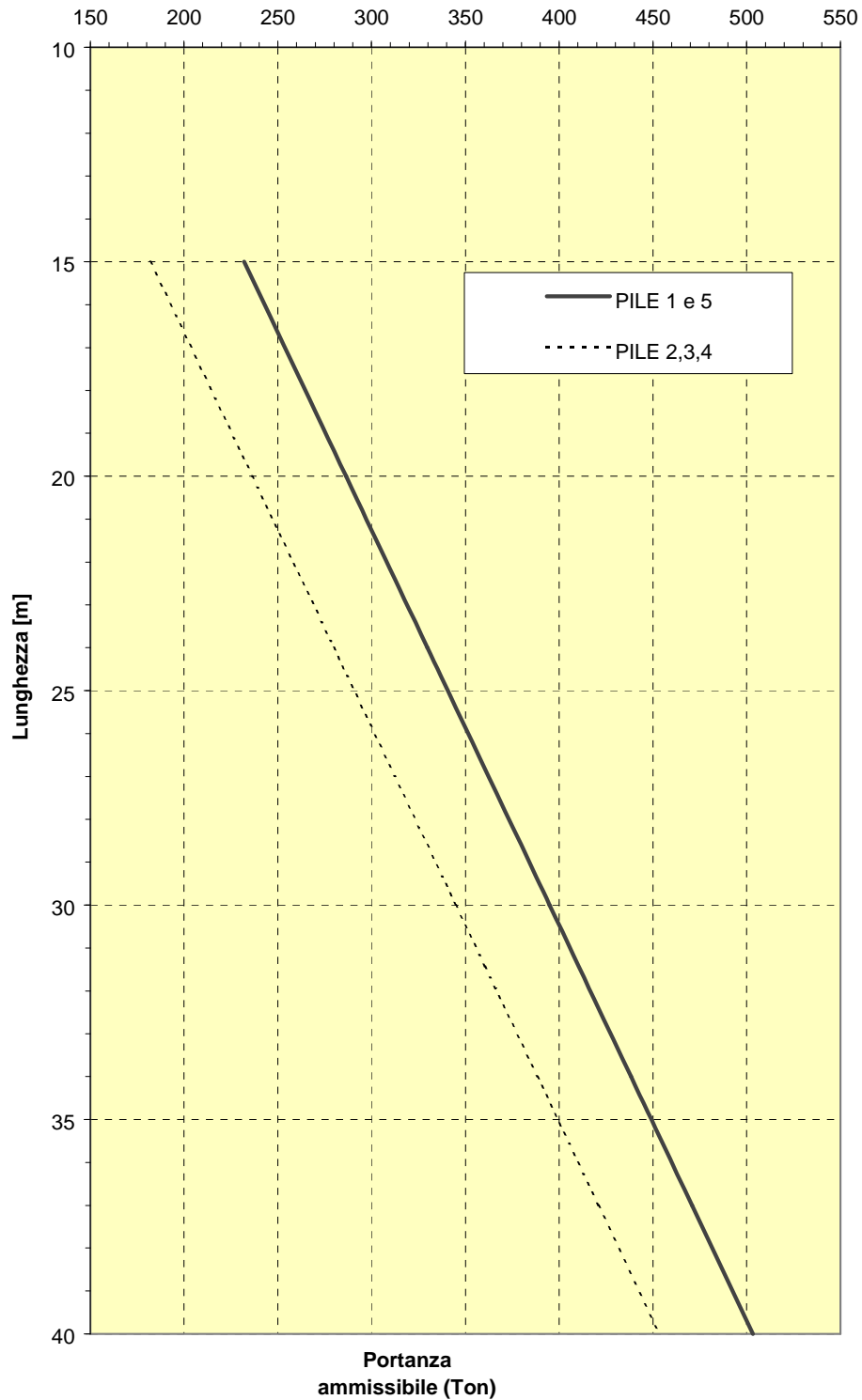
$\alpha$  coefficiente di adesione

Nella pagina seguente viene presentata in grafico riassuntivo la capacità portante del palo  $\phi$  1200, per lunghezza compresa tra 0 e 30 m.

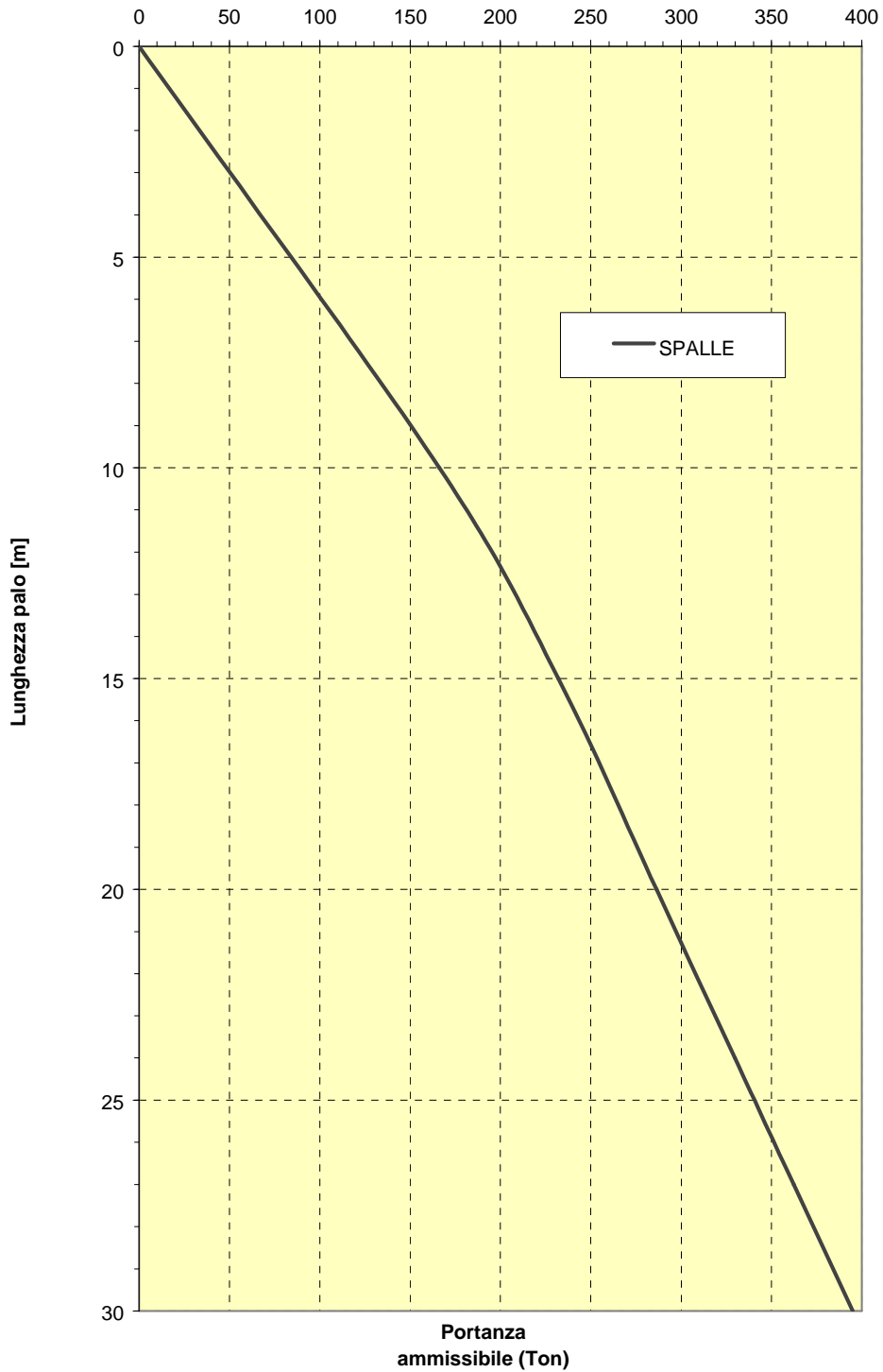
Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1200  
VIADOTTO VI12 - ARENELLA 1 - FONDAZIONI PILE**



**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1200  
VIADOTTO VI12 - ARENELLA 1 - FONDAZIONI SPALLE**



**4.3.13– Viadotto Arenella 2 (VI13)**

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali del  $\phi$  1200.

**Caratteristiche viadotto:**

Denominazione	<b>Arenella 2 (VI13)</b>
Localizzazione	zona III.3 – C/da Arenella
Tipologia	travi cap
<u>Carreggiata sx</u>	
Lunghezza complessiva	122 m.
Progressiva inizio	24547,51 m.
Progressiva fine	24669,37 m.
Numero Impalcati	4
Lungh. impalcati (m)	1x30+2x31+1x30
<u>Carreggiata dx</u>	
Lunghezza complessiva	122 m.
Progressiva inizio	24539,35 m.
Progressiva fine	24661,50 m.
Numero Impalcati	4
Lungh. impalcati (m)	1x30+2x31+1x30

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nella stratigrafia seguente.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Arenella 2 - VI13**

(interpolazione parametri geotecnici:

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.3a;
- sondaggi S.42 fase 1, campioni S42C1,S42C2,S42C3)
- prova penetrometrica PD27 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 6.00	<p><b>ALG</b> – Alluvioni costituite da sabbia-limosa con inclusi lapidei ghiaiosi</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.98 \text{ T/mc}</math> <math>c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}</math> <math>\phi' = 27^\circ</math></p>
6.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math> <math>Cu = 1.50 \text{ Kg/cmq}</math> <math>c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}</math> <math>\phi' = 22^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math> <math>Cu = 2.1 \text{ Kg/cmq}</math> <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math> <math>\phi' = 15^\circ</math></p>

**FALDA RINVENUTA A -2.90 DA P.C.**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s \tan \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

$\alpha$  coefficiente di adesione

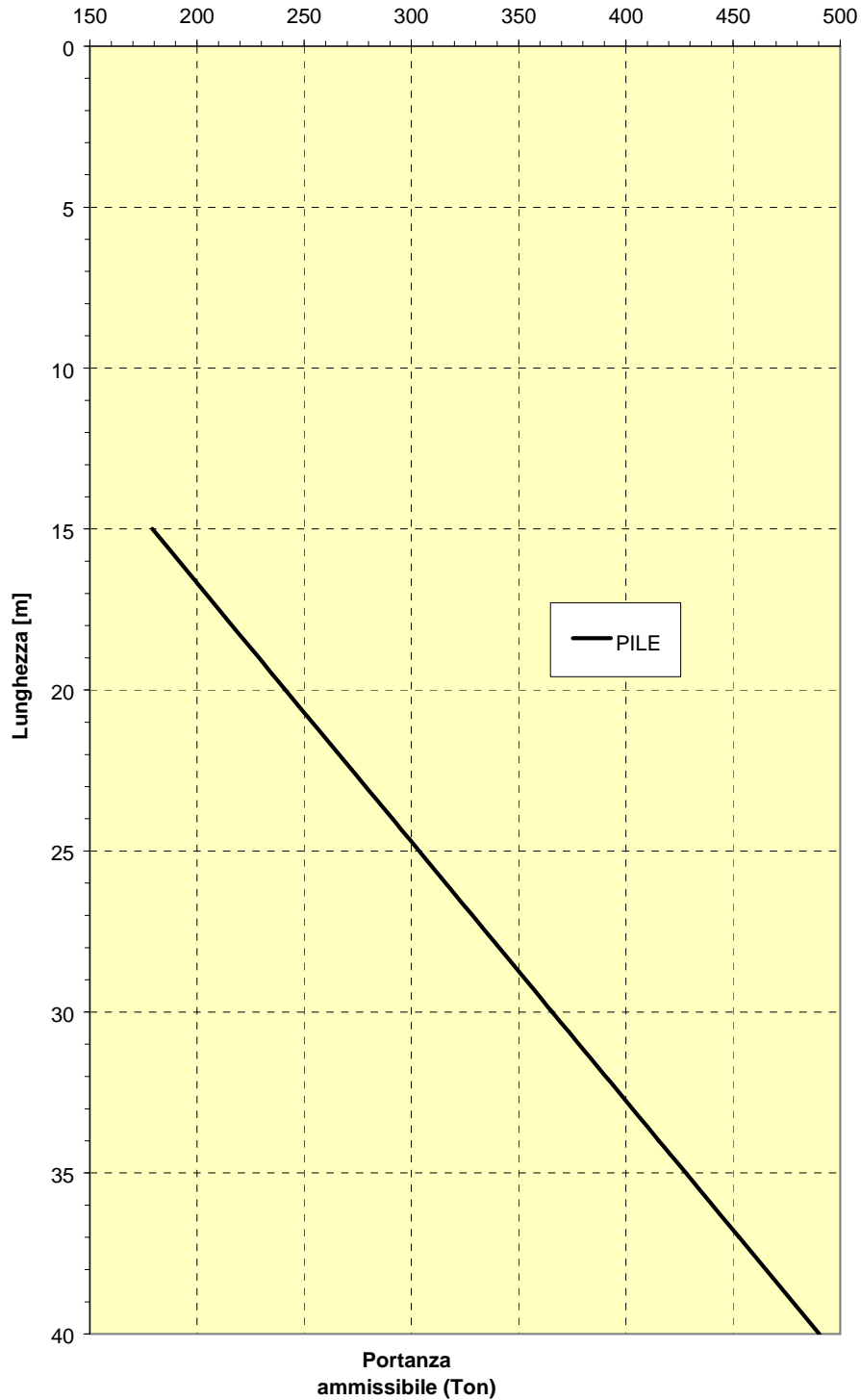
Nella pagina seguente viene presentata in grafico riassuntivo la capacità portante del palo  $\phi$  1200, per lunghezza fino a 30 m.

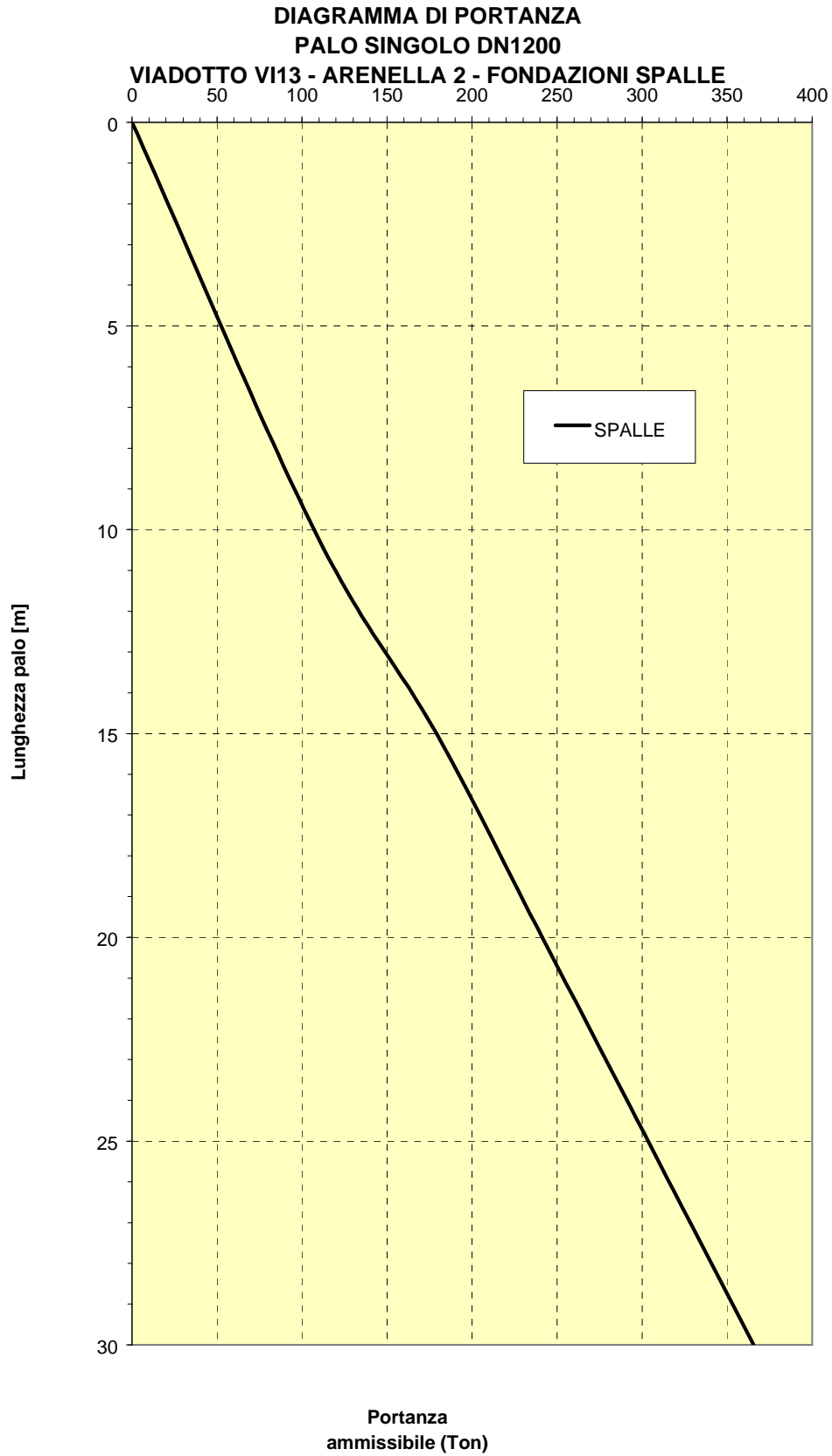
Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.



**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1200  
VIADOTTO VI13 - ARENELLA 2 - FONDAZIONI PILE**





**4.3.14 – Viadotto Arenella 3 (VI14)**

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali del  $\phi$  1200.

**Caratteristiche viadotto:**

Denominazione	<b>Arenella 3 (VI14)</b>
Localizzazione	zona III.4 – Cozzo Garlatti
Tipologia	travi cap
<u>Carreggiata sx</u>	
Lunghezza complessiva	587 m.
Progressiva inizio	25162,46 m.
Progressiva fine	25570,78 m.
Numero Impalcati	19
Lungh. impalcati (m)	1x30+17x31+1x30
<u>Carreggiata dx</u>	
Lunghezza complessiva	618 m.
Progressiva inizio	25156.86 m.
Progressiva fine	25773,74 m.
Numero Impalcati	20
Lungh. impalcati (m)	1x30+18x31+1x30

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Arenella 3 - VI14 – spalla A, pile da 1 a 6***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.4a;
- sondaggi S.43 fase 1, campioni S43C2,S43C3)
- sondaggi S.58 fase 2, campioni S58C1,S58C2,S58C3)
- prova penetrometrica PD09,PD10 fase I)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 7.00	<p><b>ALF</b> – Alluvioni costituite da sabbia-limosa con inclusi lapidei ghiaiosi</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.98 \text{ T/mc}</math>  <math>c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 27^\circ</math></p>
7.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.92 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.50 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 23^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa, parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.96 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 2.1 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 23^\circ</math></p>

**FALDA RINVENUTA A -2.50 DA P.C.**

## STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Arenella 3 - VI14 – pile da 7 a 10, da 17 a 19, Spalla B

(interpolazione parametri geotecnici:

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.4a;
- sondaggi S.43 fase 1, campioni S43C2, S43C3)
- sondaggi S.58 fase 2, campioni S58C1, S58C2, S58C3)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 6.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.97 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.20 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
6.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.92 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.50 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 23^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa, parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.96 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 2.10 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 23^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Arenella 3 - VI14 – pile da 11 a 17***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.4a;
- sondaggi S.43 fase 1, campioni S43C2, S43C3)
- sondaggi S.58 fase 2, campioni S58C1, S58C2, S58C3)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 4.00	<p><b>ALG</b> – Alluvioni costituite da sabbia-limosa con inclusi lapidei ghiaiosi</p> <p style="margin-left: 150px;"><math>\gamma = 1.98 \text{ T/mc}</math></p> <p style="margin-left: 150px;"><math>c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="margin-left: 150px;"><math>\phi' = 27^\circ</math></p>
4.00 – 7.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="margin-left: 150px;"><math>\gamma = 1.97 \text{ T/mc}</math></p> <p style="margin-left: 150px;"><math>Cu = 1.20 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="margin-left: 150px;"><math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="margin-left: 150px;"><math>\phi' = 19^\circ</math></p>
6.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="margin-left: 150px;"><math>\gamma = 1.92 \text{ T/mc}</math></p> <p style="margin-left: 150px;"><math>Cu = 1.50 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="margin-left: 150px;"><math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="margin-left: 150px;"><math>\phi' = 23^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa, parte profonda</p> <p style="margin-left: 150px;"><math>\gamma = 1.96 \text{ T/mc}</math></p> <p style="margin-left: 150px;"><math>Cu = 2.10 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="margin-left: 150px;"><math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="margin-left: 150px;"><math>\phi' = 23^\circ</math></p>

**FALDA RINVENUTA A –4.00 DA P.C.**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

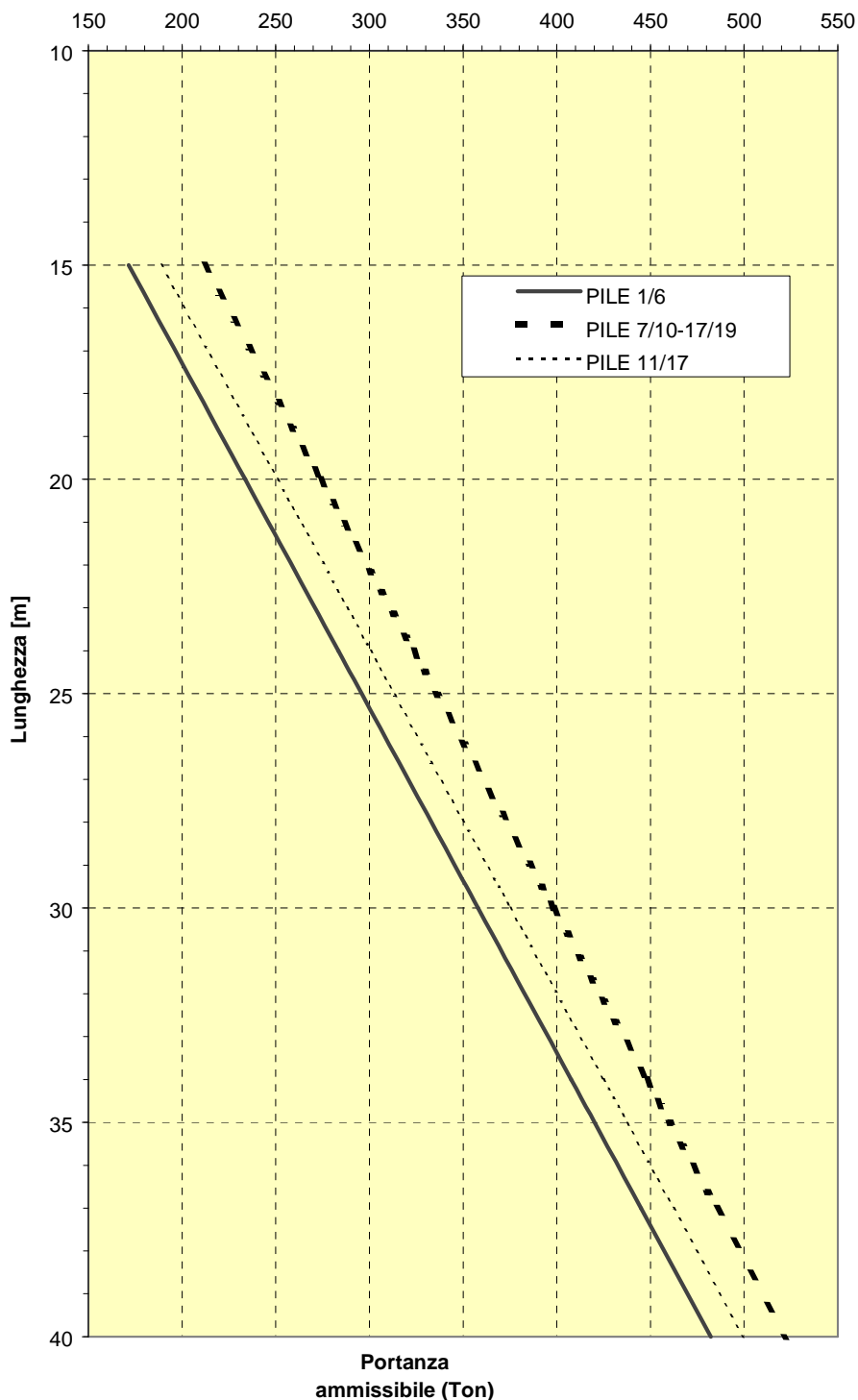
$\alpha$  coefficiente di adesione

Nella pagina seguente viene presentata in grafico riassuntivo la capacità portante del palo  $\phi$  1200 per lunghezza compresa tra 0 e 40 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

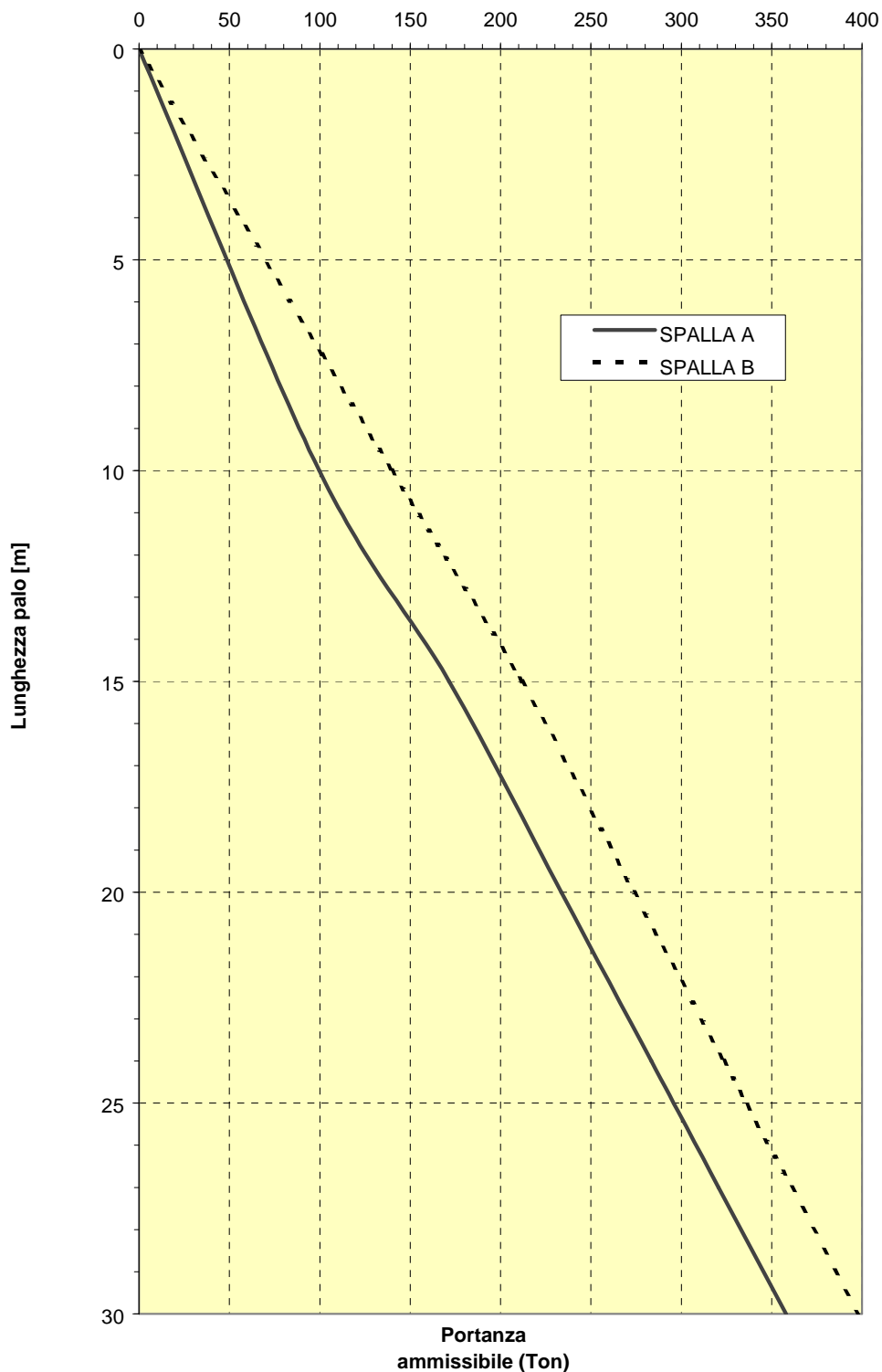
In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
 PALO SINGOLO DN1200  
 VIADOTTO VI14 - ARENELLA 3 - FONDAZIONI PILE**





**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1200  
VIADOTTO VI14 - ARENELLA 3 - FONDAZIONI SPALLE**



#### 4.3.15 – Viadotto Salso (VI15)

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni di spalle e pile del viadotto, con plinti su pali rispettivamente del  $\phi$  1200 e del  $\phi$  1500.

##### Caratteristiche viadotto:

Denominazione	<b>Salso (VI15)</b>
Localizzazione	zona III.5 – C/da Imera
Tipologia	acciaio - cls

La caratterizzazione geotecnica del sito è presentata nelle stratigrafie seguenti.

Non si considerano nei calcoli di portanza i primi due metri della stratigrafia di calcolo per tenere conto, a vantaggio di sicurezza, dell'incasso delle fondazioni nel terreno.

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO - viadotto Salso - VI15***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.5a;
- sondaggi S.45 fase 1, campioni S45C1,S45C3, prove penetrometriche PD11 e PD12)
- sondaggi S.59 fase 2, campioni S59C1,S59C2,S59C3)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 9.00	<p><b>ALG</b> – Alluvioni costituite da sabbia-limosa con inclusi lapidei ghiaiosi</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.85 \text{ T/mc}</math> (<math>Cu = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>) <math>c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}</math> <math>\phi' = 27^\circ</math></p>
9.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math> <math>Cu = 2.0 \text{ Kg/cmq}</math> <math>c' = 0.24 \text{ Kg/cmq}</math> <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa, parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.00 \text{ T/mc}</math> <math>Cu = 2.50 \text{ Kg/cmq}</math> <math>c' = 0.35 \text{ Kg/cmq}</math> <math>\phi' = 21^\circ</math></p>

**FALDA RINVENUTA A –4.00 DA P.C.**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

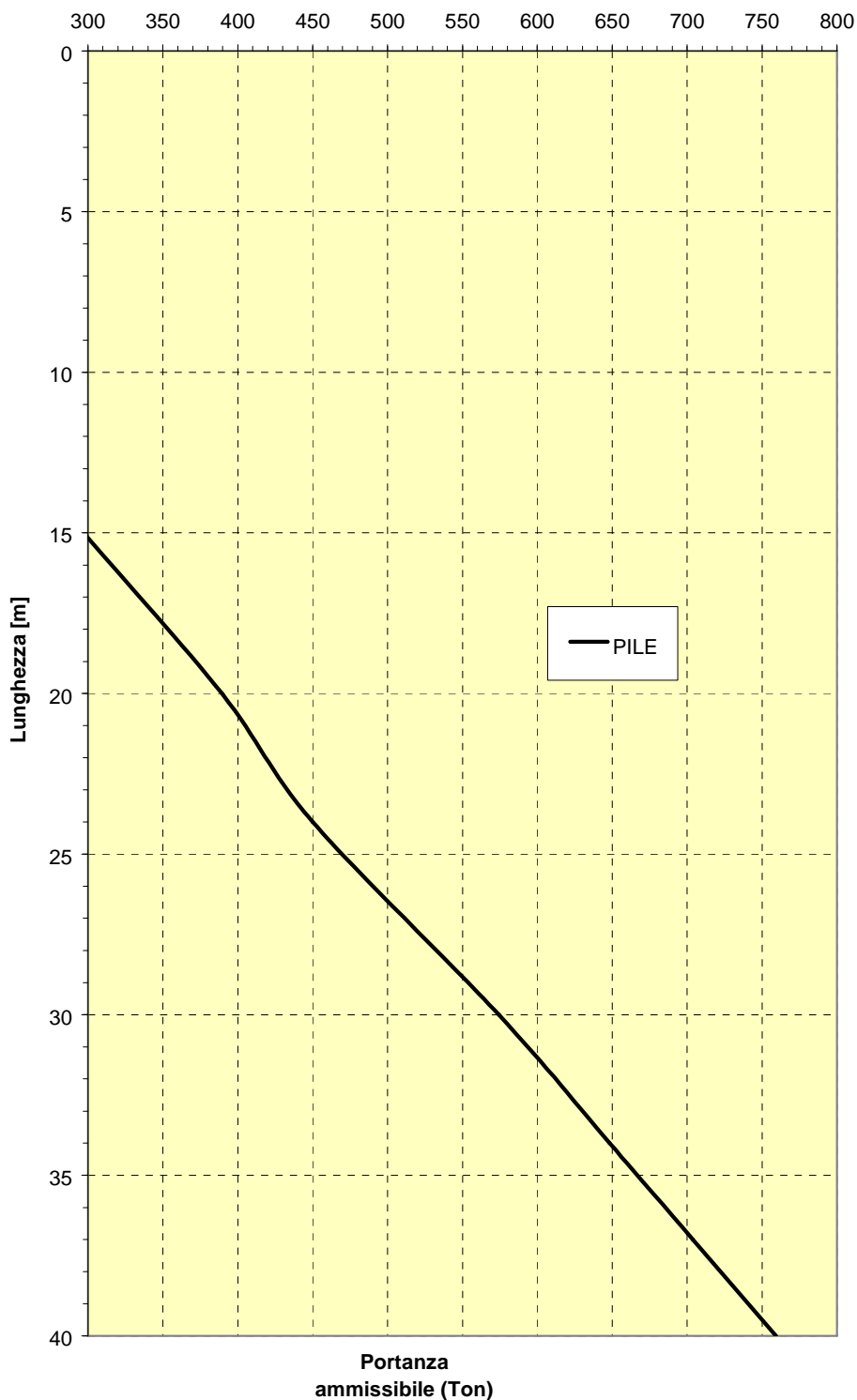
$\alpha$  coefficiente di adesione

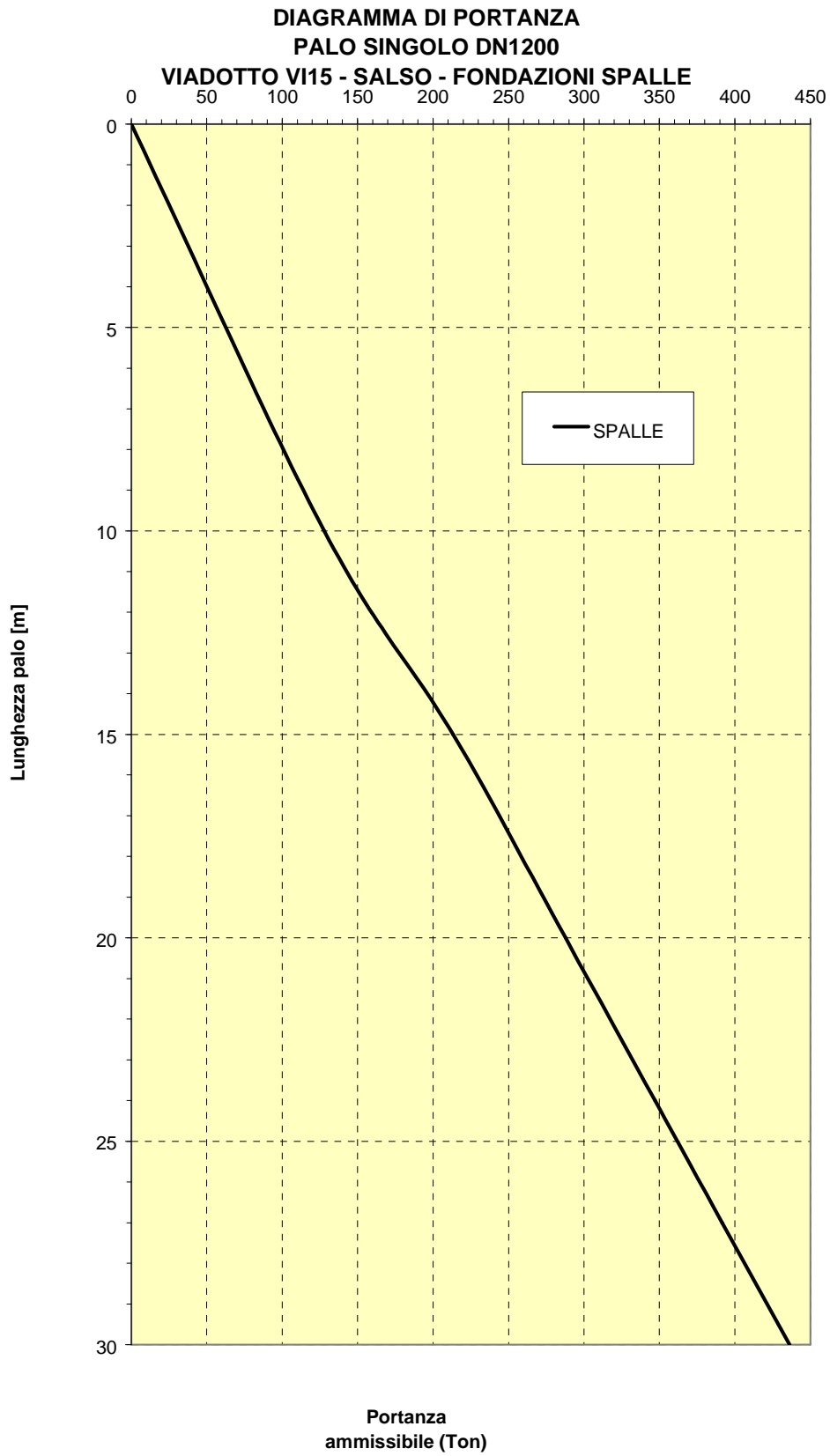
Nelle pagine seguenti vengono presentate in grafico riassuntivo le capacità portanti del palo  $\phi$  1200 e palo  $\phi$  1500, per lunghezze fino a 40.00 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN1500  
VIADOTTO VI15 - SALSO - FONDAZIONI PILE**





#### 4.3.16 – Viadotti VI16 e VI17

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni delle spalle dei ponti monocampata da realizzare lungo lo sviluppo del tracciato di progetto.

Ed in particolare:

- **VI16** – “Ponte Serra” – progr. 8193/8222 – L. 30 m.  
(struttura in travi cap)
- **VI17** – “Cavalcaferrovia grotticelle” – progr. 12300/12345 – L. 45 m.  
(struttura in travi cap)

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – Viadotto VI16 – “Ponte Serra”***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale I.3b;
- sondaggi S.15 fase I, campioni S15C1,S15C2,S15C3)

0.00 – 1.00	<b>R/TV</b> - Materiale di riporto di vario genere  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
1.00 – 5:00	<b>TN/LA</b> – Deposito elu-colluviale costituito da limo argilloso, alterato, colore bruno, ricco di sostanza organica, saturo e compressibile. In profondità tale deposito passa a limo argilloso di colore giallastro con inclusi gessosi  $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.00 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.10 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 16^\circ$
5.00 – 15.00	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte sup.  $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.20 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 23^\circ$
15.00 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte prof.  $\gamma = 1.95 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.7 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.6 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 21.5^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**



**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – Viadoto VI17 – “Cavalcaferrovia grotticelle”***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale II.3c;**- sondaggi S.24 fase I, S.47fase II, campioni S24C1,S24C2,S47C1)*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 0.50	<b>R/TV</b> – Terreno di copertura vegetale  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
0.50 – 7.50	<b>S</b> – Sabbie giallastre con frammenti quarzarenitici, intercalazioni di limo sabbiosa con gusci fossili  $\gamma = 1.90 \text{ T/mc}$ $c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 30^\circ$
7.50 – 17.50	<b>AS</b> – Argilla limo-sabbiosa, consistente $\gamma = 1.95 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.6 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 23^\circ$
17.50 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla limo-marnosa pliocenica.  $\gamma = 2.0 \text{ T/mc}$ $Cu = 2.2 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 23^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

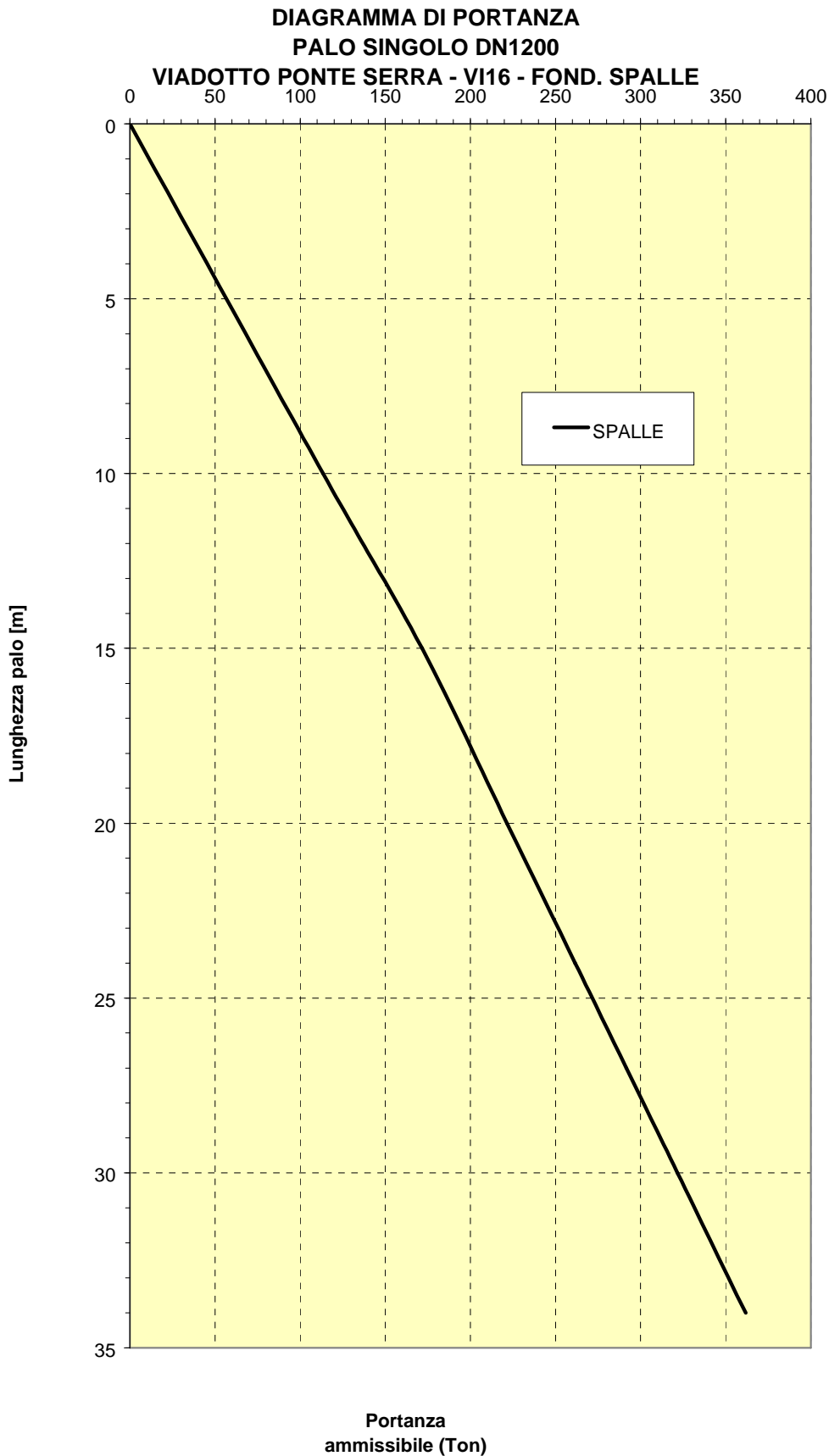
$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

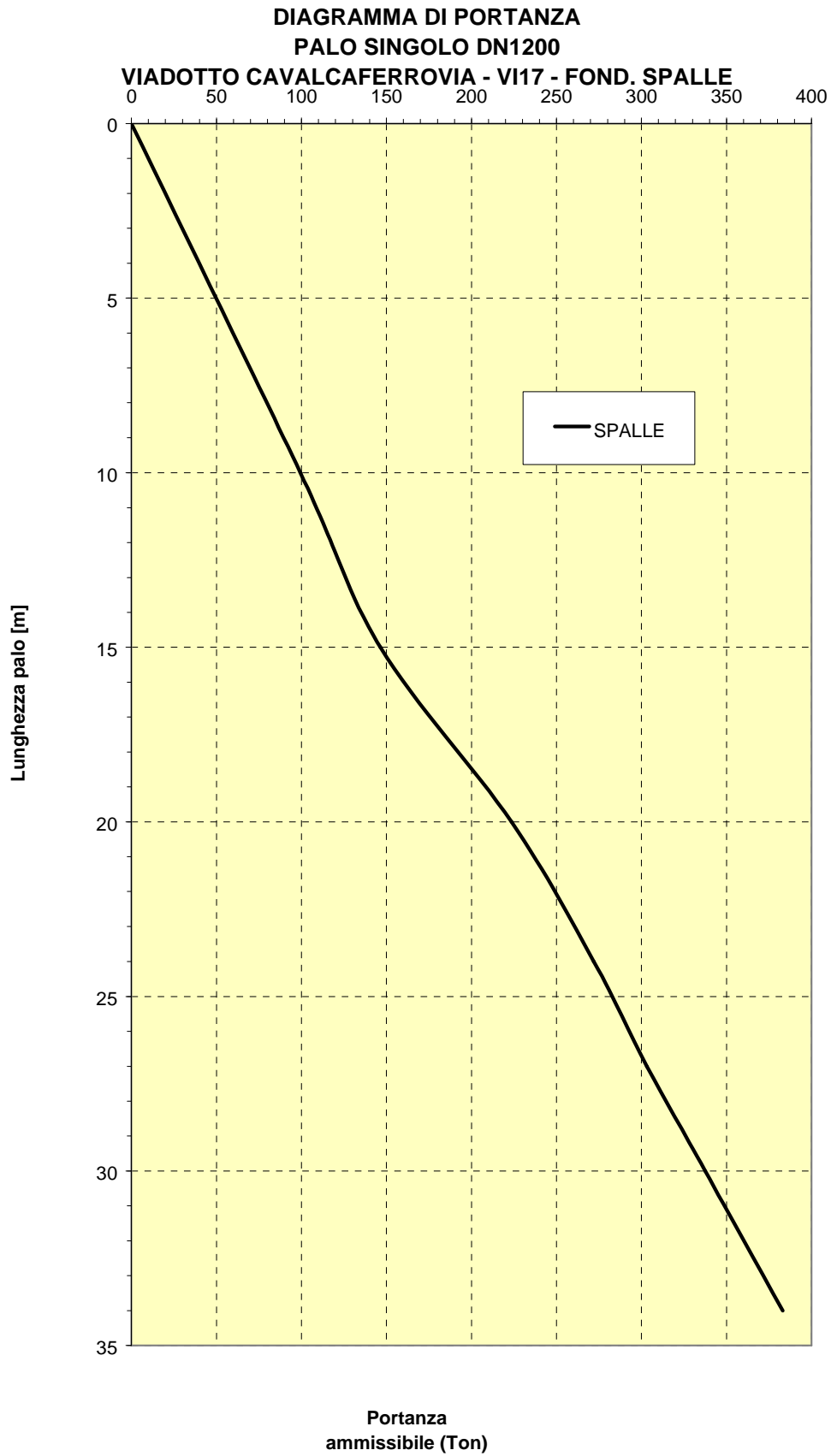
$\alpha$  coefficiente di adesione

Nella pagina seguente viene presentata in grafico riassuntivo la capacità portante del palo  $\phi$  1200, per lunghezza compresa tra 0 e 34 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.





#### 4.3.17 – Ponti secondarie

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni delle spalle dei ponti sulle secondarie da realizzare lungo lo sviluppo del tracciato di progetto.

Ed in particolare:

- “Ponte Serra nord e sud” – sec. 13 e 15 – progr. 8193/8222
- “Cavalcaferrovia grotticelle” – sec. 22 - progr. 12300/12345
- “Monte Stretto” – sec. 39 - progr. 23462/23482

## STRATIGRAFIA DI CALCOLO –

**Ponti sulla secondarie rami n. 13 e 15***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale I.3b;**- sondaggi S.15 fase I, campioni S15C1,S15C2,S15C3)*

0.00 – 1.00	<b>R/TV</b> - Materiale di riporto di vario genere
	$\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
1.00 – 5:00	<b>TN/LA</b> – Deposito elu-colluviale costituito da limo argilloso, alterato, colore bruno, ricco di sostanza organica, saturo e compressibile. In profondità tale deposito passa a limo argilloso di colore giallastro con inclusi gessosi
	$\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$
	$Cu = 1.00 \text{ Kg/cmq}$
	$c' = 0.10 \text{ Kg/cmq}$
	$\phi' = 16^\circ$
5.00 – 15.00	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte sup.
	$\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$
	$Cu = 1.20 \text{ Kg/cmq}$
	$c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$
	$\phi' = 23^\circ$
15.00 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte prof.
	$\gamma = 1.95 \text{ T/mc}$
	$Cu = 1.7 \text{ Kg/cmq}$
	$c' = 0.6 \text{ Kg/cmq}$
	$\phi' = 21.5^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**

## STRATIGRAFIA DI CALCOLO –

**Ponte sulla secondaria ramo n. 22***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale II.3c;
- sondaggi S.24 fase I, S.47fase II, campioni S24C1, S24C2, S47C1)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 0.50	<b>R/TV</b> – Terreno di copertura vegetale  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
0.50 – 7.50	<b>S</b> – Sabbie giallastre con frammenti quarzarenitici, intercalazioni di limo sabbiosa con gusci fossili  $\gamma = 1.90 \text{ T/mc}$ $c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 30^\circ$
7.50 – 17.50	<b>AS</b> – Argilla limo-sabbiosa, consistente $\gamma = 1.95 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.6 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 23^\circ$
17.50 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla limo-marnosa pliocenica.  $\gamma = 2.0 \text{ T/mc}$ $Cu = 2.2 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 23^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – Ponte sulla secondaria ramo n. 39***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.3a;
- sondaggi S.57 fase I, S.41 fase II, campioni S57C1,S57C2, S41C1,S41C2,S41C3)
- prova penetrometrica PD07,PD08 fase I , PD26 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 8.00	<p><b>ALF/LA</b> - Limo sabbioso, poco plastico, alterato, colore bruno-astro, passante ad alluvioni fini con inclusi lapidei.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.85 \text{ T/mc}</math></p> <p style="text-align: right;"><math>Cu = 0.5 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="text-align: right;"><math>c' = 0.1 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="text-align: right;"><math>\phi' = 25^\circ</math></p>
8.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.9 \text{ T/mc}</math></p> <p style="text-align: right;"><math>Cu = 1.80 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="text-align: right;"><math>c' = 0.20 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="text-align: right;"><math>\phi' = 22^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math></p> <p style="text-align: right;"><math>Cu = 2.5 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="text-align: right;"><math>c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}</math></p> <p style="text-align: right;"><math>\phi' = 21^\circ</math></p>

**FALDA RINVENUTA A –3.70 DA P.C.**



Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

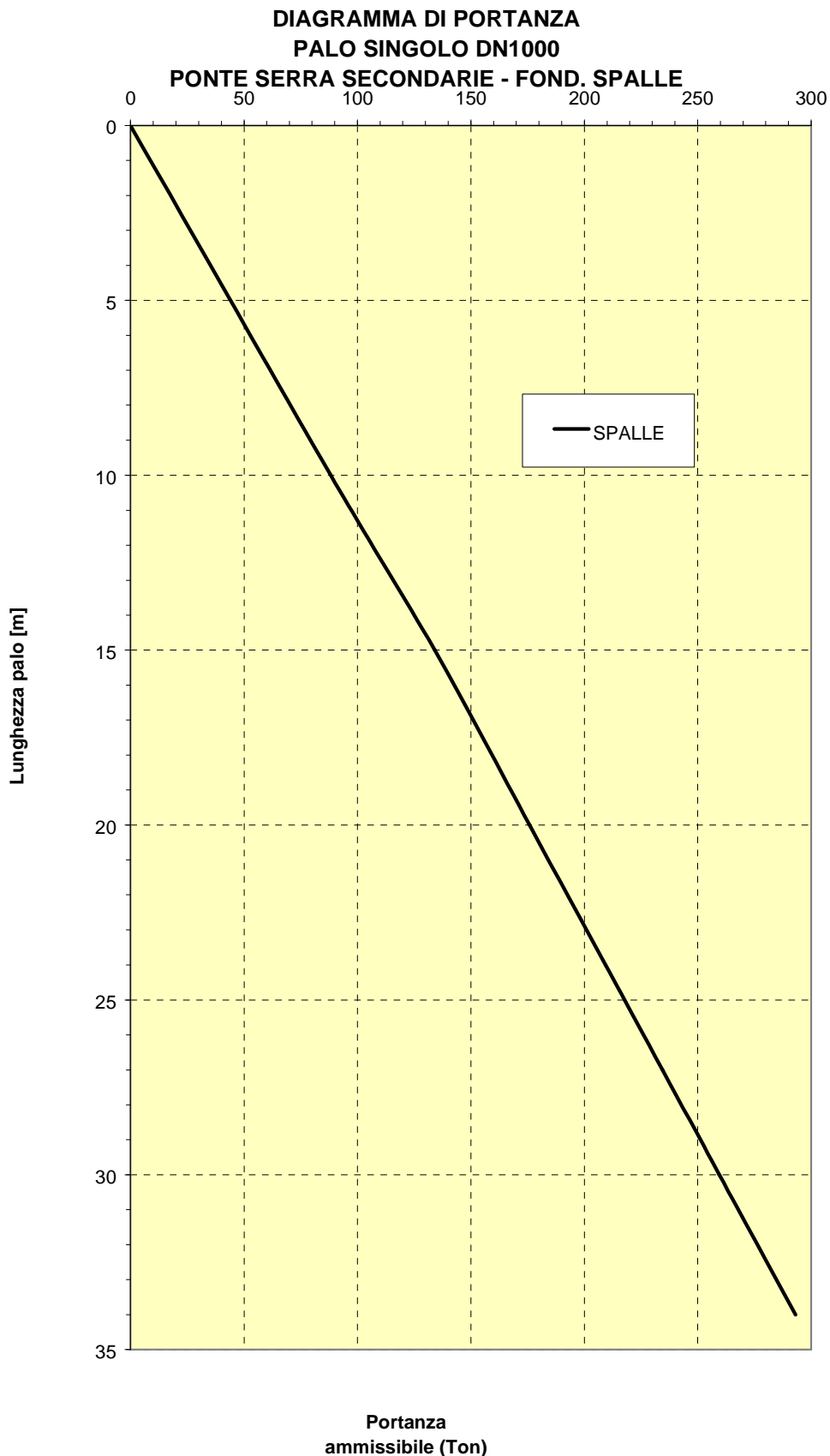
$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

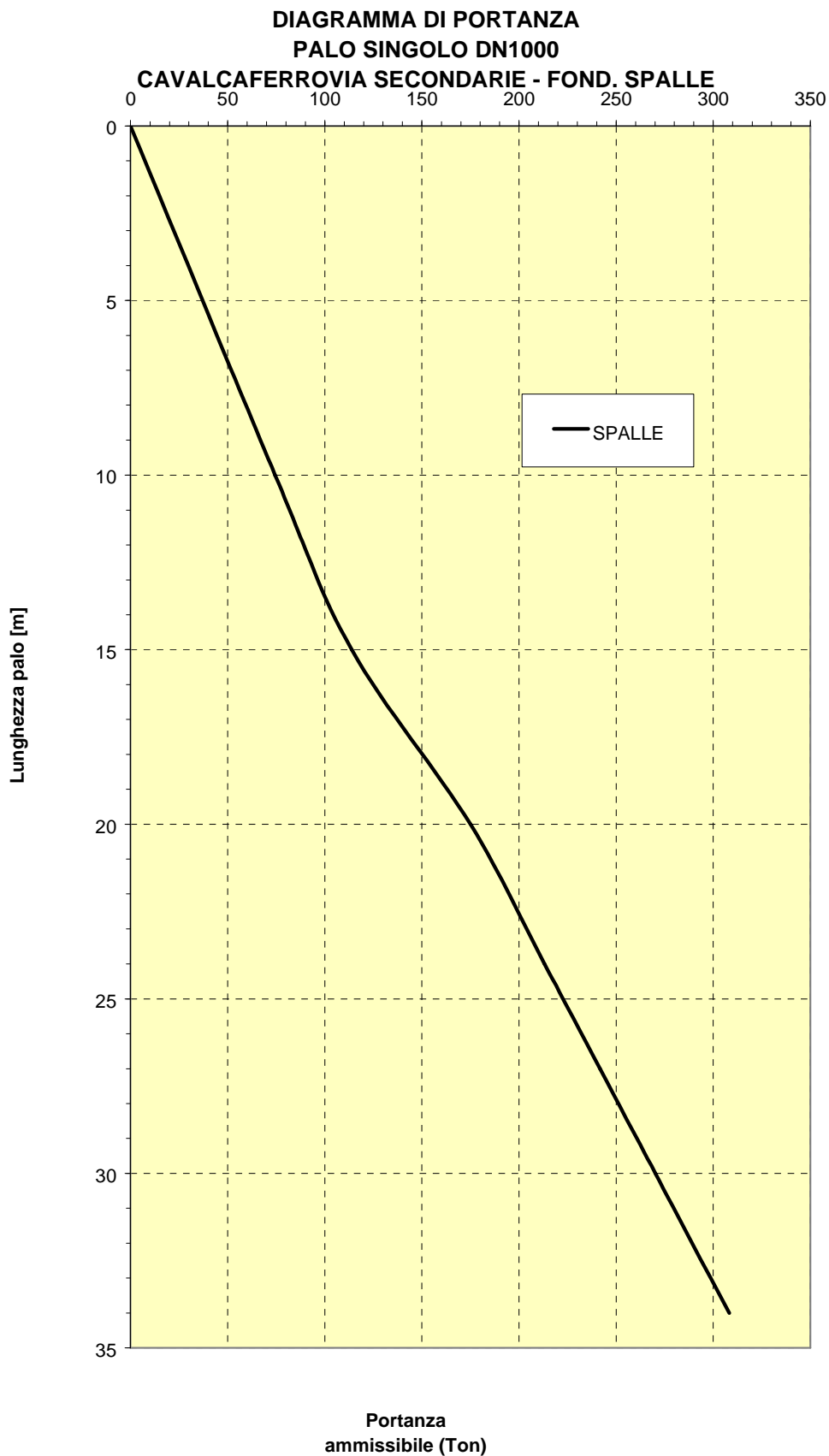
$\alpha$  coefficiente di adesione

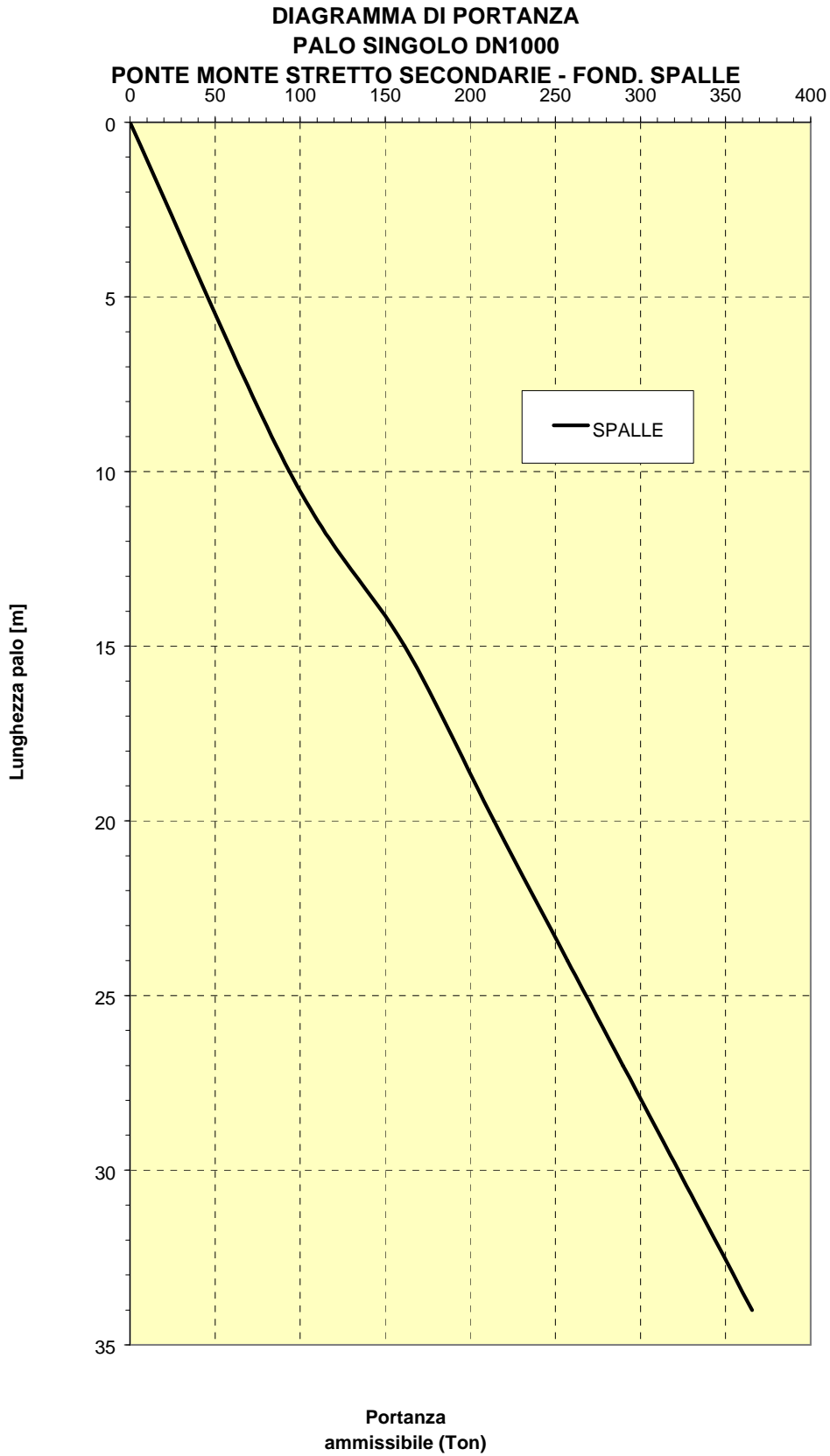
Nella pagina seguente viene presentata in grafico riassuntivo la capacità portante del palo  $\phi$  1000, per lunghezza compresa tra 0 e 34 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.







#### **4.3.18 – Cavalcavia svincoli**

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni delle spalle dei cavalcavia degli svincoli da realizzare lungo lo sviluppo del tracciato di progetto.

Cavalcavia in corrispondenza degli svincoli, con plinti su pali del  $\phi$  1200:

- Cavalcavia svincolo n. 1 “Serradifalco”
- Cavalcavia svincolo n. 2 “Delia-Sommatino”
- Cavalcavia svincolo n. 3 “Caltanissetta sud”
- Cavalcavia svincolo n. 4 “Caltanissetta nord”
- Cavalcavia svincolo n. 5 “Caltanissetta-Gela”

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – CAVALCAVIA SVINCOLO 1 - Serradifalco***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale I.1a;**- sondaggi S.4 fase II, campioni S4C1,S4C2)*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 1.00	<b>TV/TN</b> – Terreno agrario o limo argilloso ricco di sostanza organica di colore bruno. $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
1.00 – 12.00	<b>MA</b> – Marna argillosa-calcareo con livelli calcarei biancastri $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 0.75 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 25^\circ$
12.00 – 15.00	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa tortoniana, parte sup. $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 0.75 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 21^\circ$
15.00 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa tortoniana, parte prof. $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.25 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 20^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – CAVALCAVIA SVINCOLO 2 – Delia-Sommatino***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale I.3b;**- sondaggi S.15 fase I, campioni S15C1,S15C2,S15C3)*

0.00 – 1.00	<b>R/TV</b> - Materiale di riporto di vario genere  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
1.00 – 5:00	<b>TN/LA</b> – Deposito elu-colluviale costituito da limo argilloso, alterato, colore bruno, ricco di sostanza organica, saturo e compressibile. In profondità tale deposito passa a limo argilloso di colore giallastro con inclusi gessosi  $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.00 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.10 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 16^\circ$
5.00 – 15.00	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte sup.  $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.20 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 23^\circ$
15.00 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte prof.  $\gamma = 1.95 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.7 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.6 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 21.5^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – CAVALCAVIA SVINCOLO 3 – Caltanissetta sud***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale II.3c;**- sondaggi S.24 fase I, S.47, S.48 fase II, campioni S24C1, S24C2, S47C1, S48C1, S48C2)*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 1.50	<b>R/TV</b> – Terreno di copertura vegetale  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
1.50 – 5.00	<b>S</b> – Sabbie giallastre con frammenti quarzarenitici, intercalazioni di limo sabbiosa con gusci fossili  $\gamma = 1.90 \text{ T/mc}$ $c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 30^\circ$
5.00 – 17.50	<b>AS</b> – Argilla limo-sabbiosa, consistente  $\gamma = 1.90 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.2 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.35 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 24^\circ$
17.50 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla limo-marnosa pliocenica.  $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 2.2 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 21^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**



**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – CAVALCAVIA SVINCOLO 4 – Caltanissetta nord***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.1d;
- sondaggi S.37 fase I, campioni S37C1, S37C2)
- prova penetrometrica PD05 fase I - PD18 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 1.00	<b>R/TV</b> – Riporto o terreno di copertura vegetale  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
1.00 – 4.50	<b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi. Passaggi di sabbia limosa.  $\gamma = 1.90 \text{ T/mc}$ $C_u = 0.7 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.1 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 19^\circ$
4.50 – 15.00	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa, parte superiore $\gamma = 1.95 \text{ T/mc}$ $C_u = 1.00 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 20^\circ$
15.00 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda  $\gamma = 2.0 \text{ T/mc}$ $C_u = 1.9 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 19^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – CAVALCAVIA SVINCOLO 5 – Strada statale 626***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.4c;
- sondaggi S.45 fase I, campioni S45C1, S45C3)
- prova penetrometrica PD28 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 6.00	<p><b>ALF/ALG</b> – Alluvioni costituite da sabbia-limosa con inclusi lapidei ghiaiosi</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.85 \text{ T/mc}</math>  <math>c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 27^\circ</math></p>
6.00 – 15.00	<p><b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.50 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 21^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.00 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 2.0 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 21^\circ</math></p>

**FALDA RINVENUTA A –4.00 DA P.C.**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

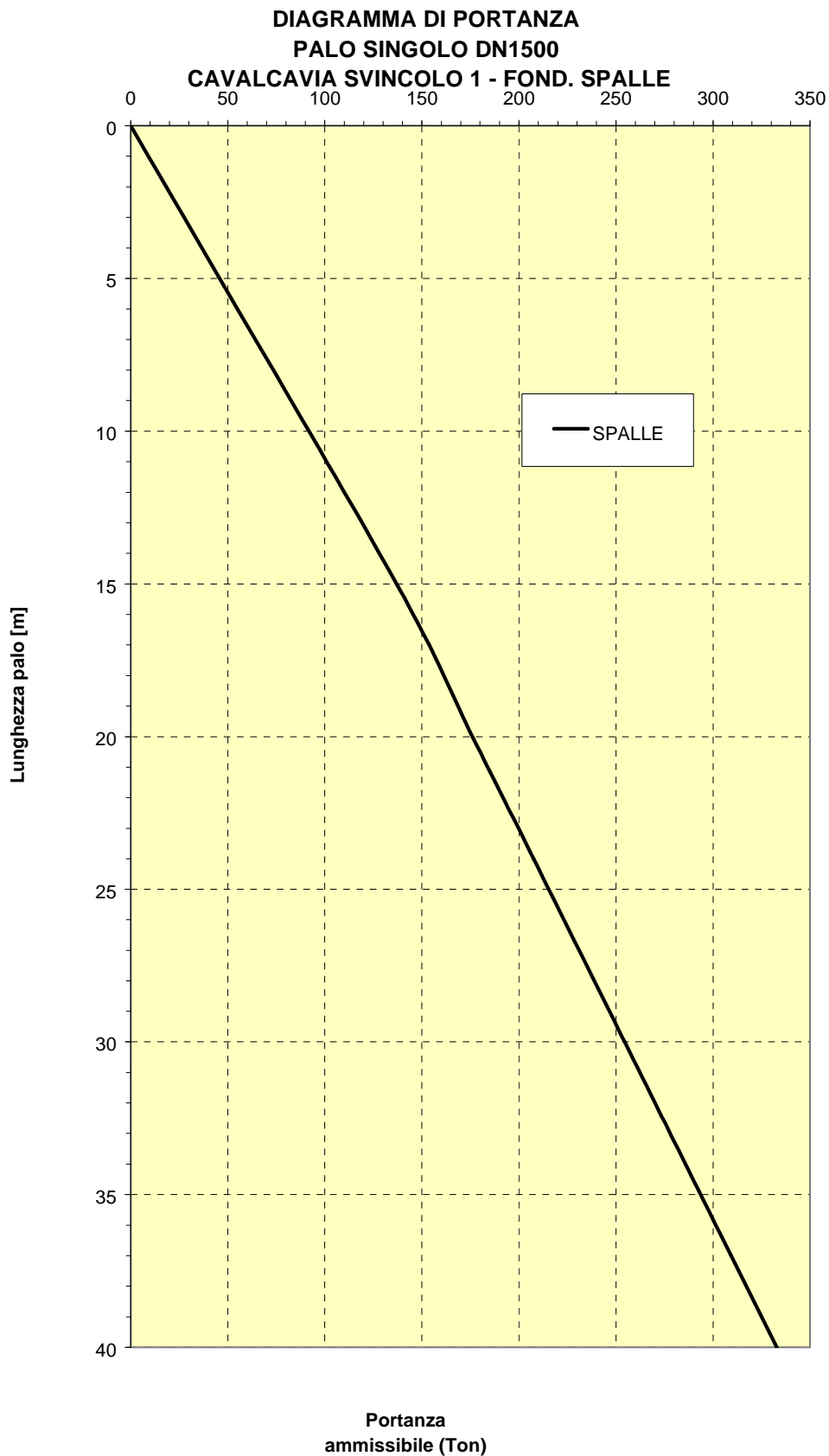
$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

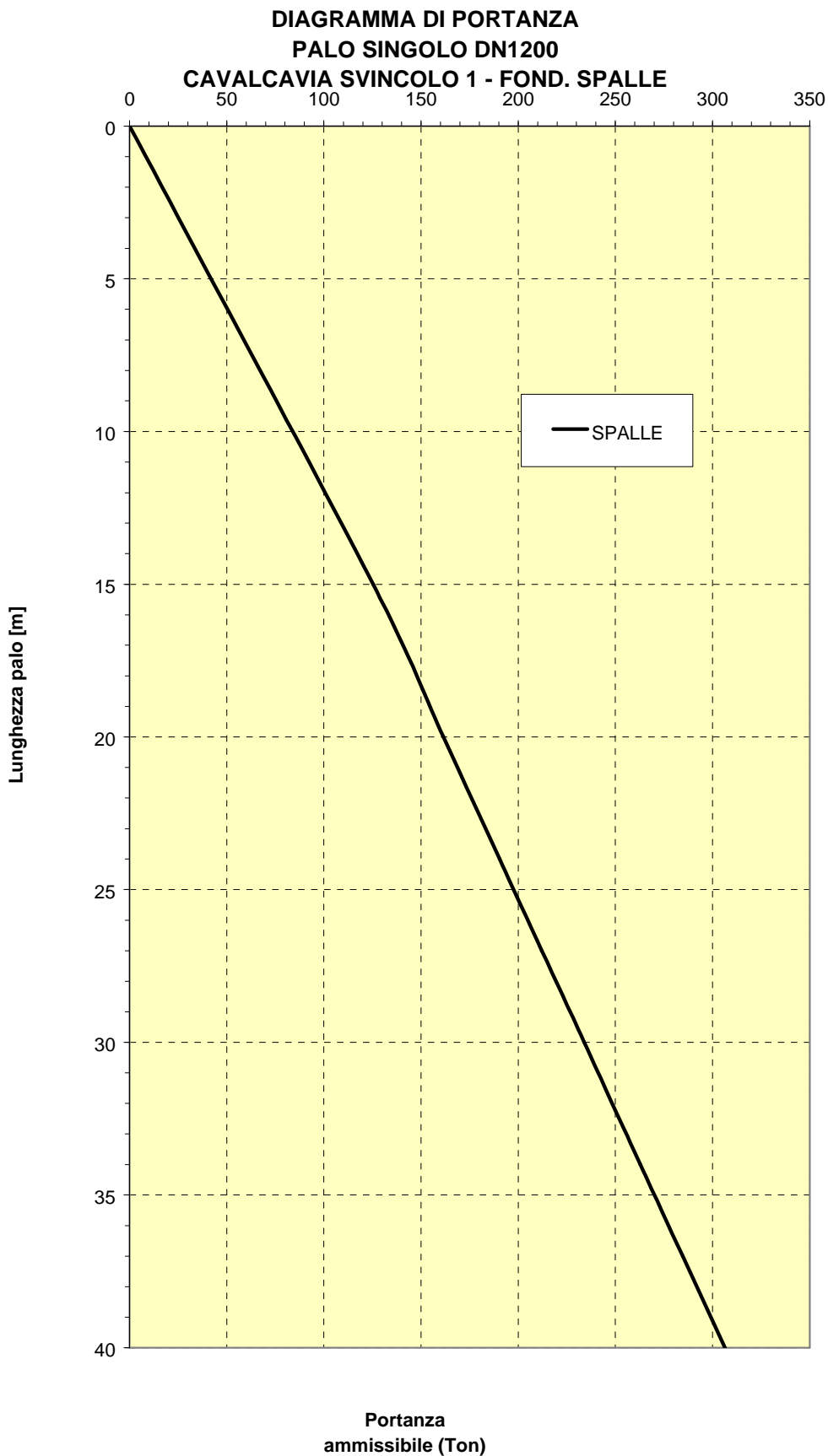
$\alpha$  coefficiente di adesione

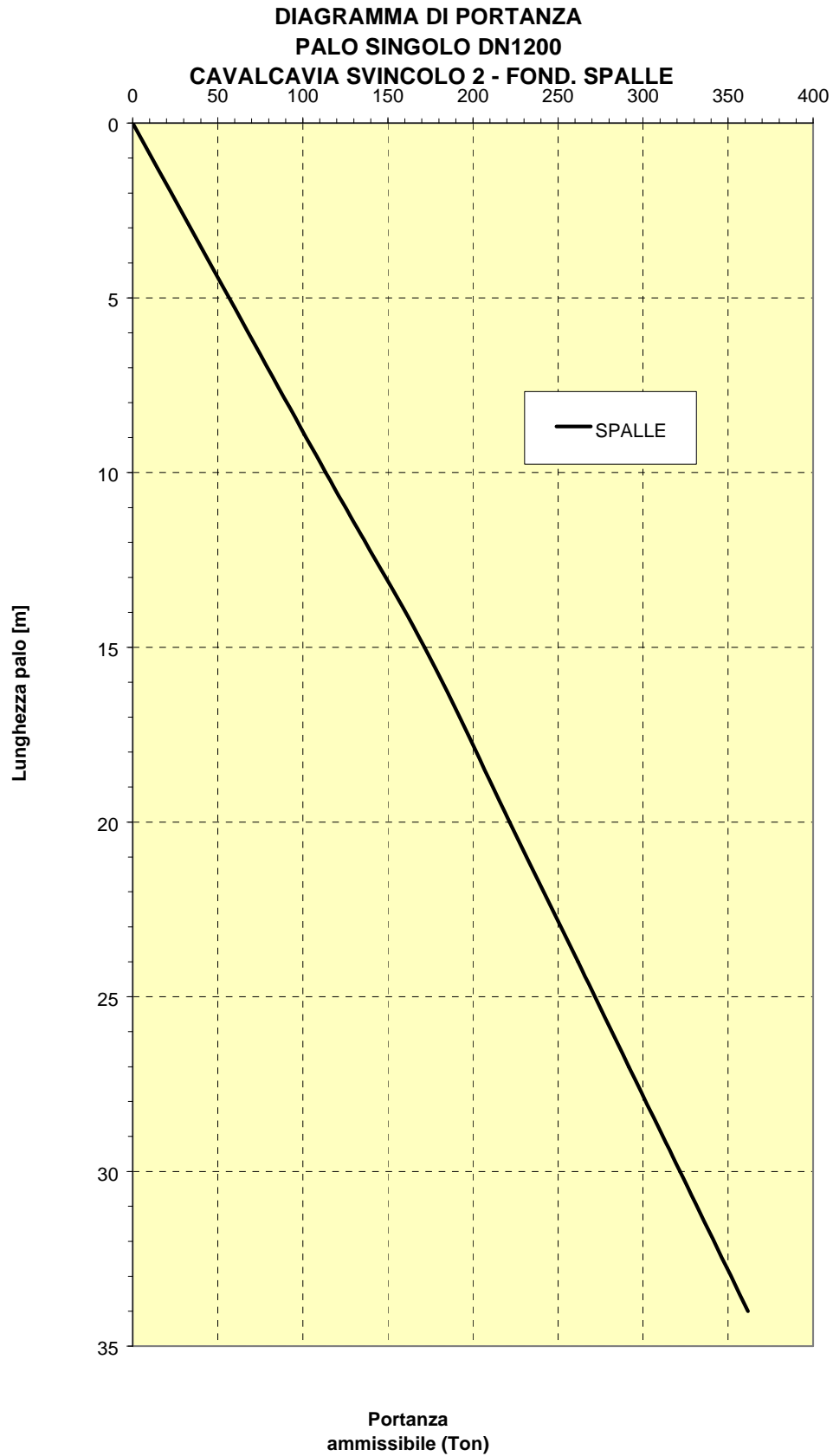
Nella pagina seguente viene presentata in grafico riassuntivo la capacità portante del palo  $\phi$  1200, per lunghezza compresa tra 0 e 34 m.

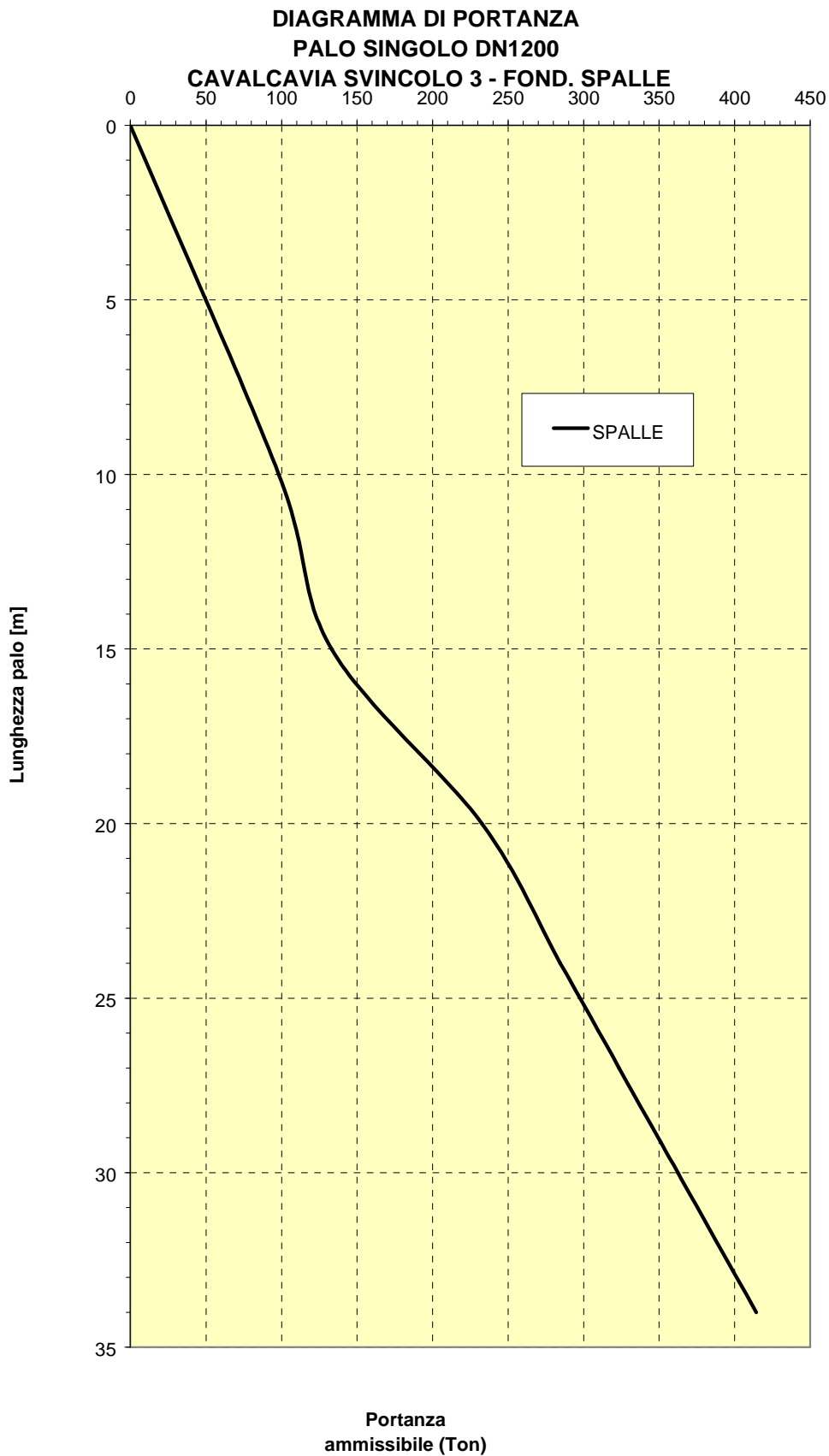
Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

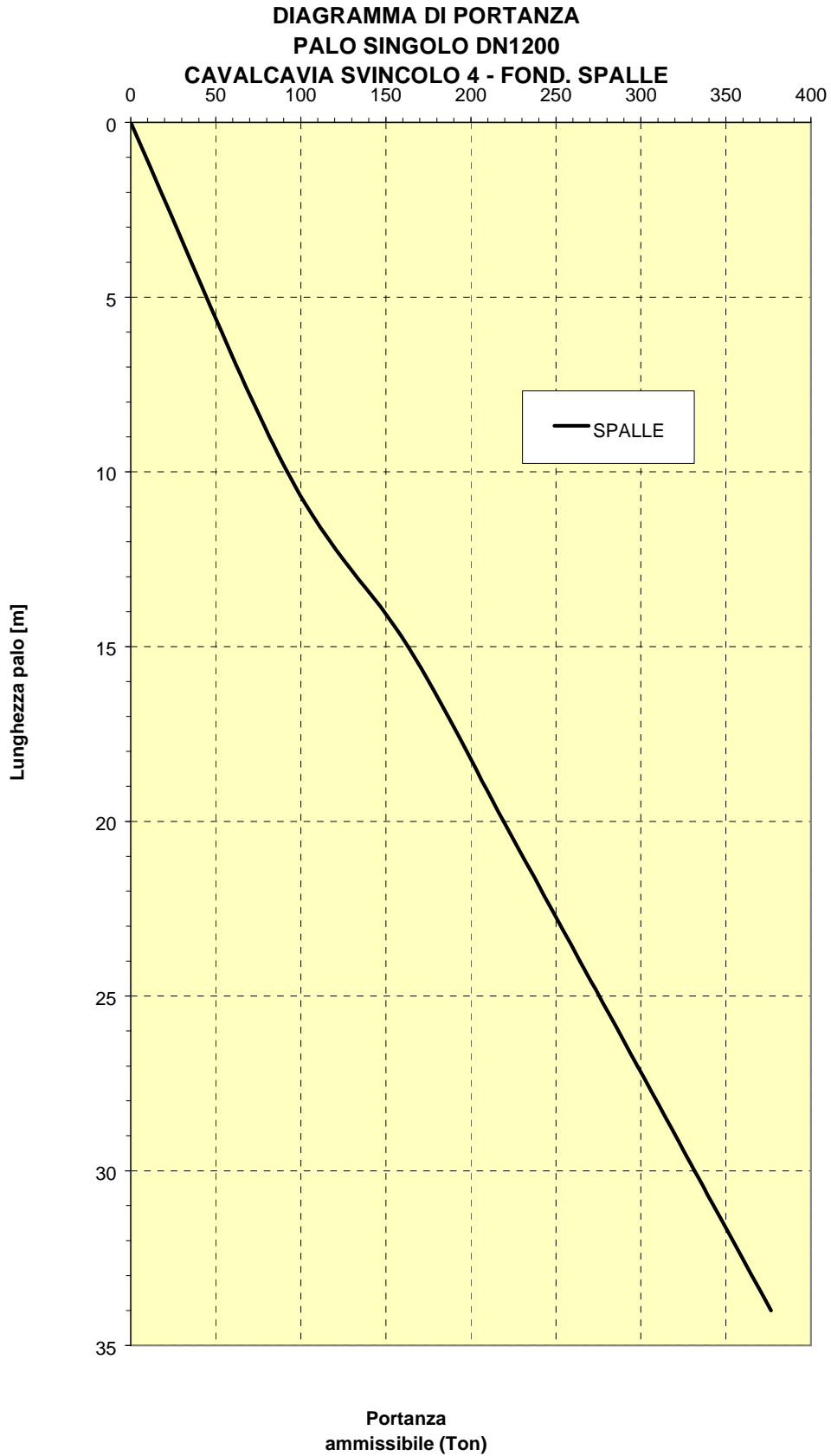
In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.





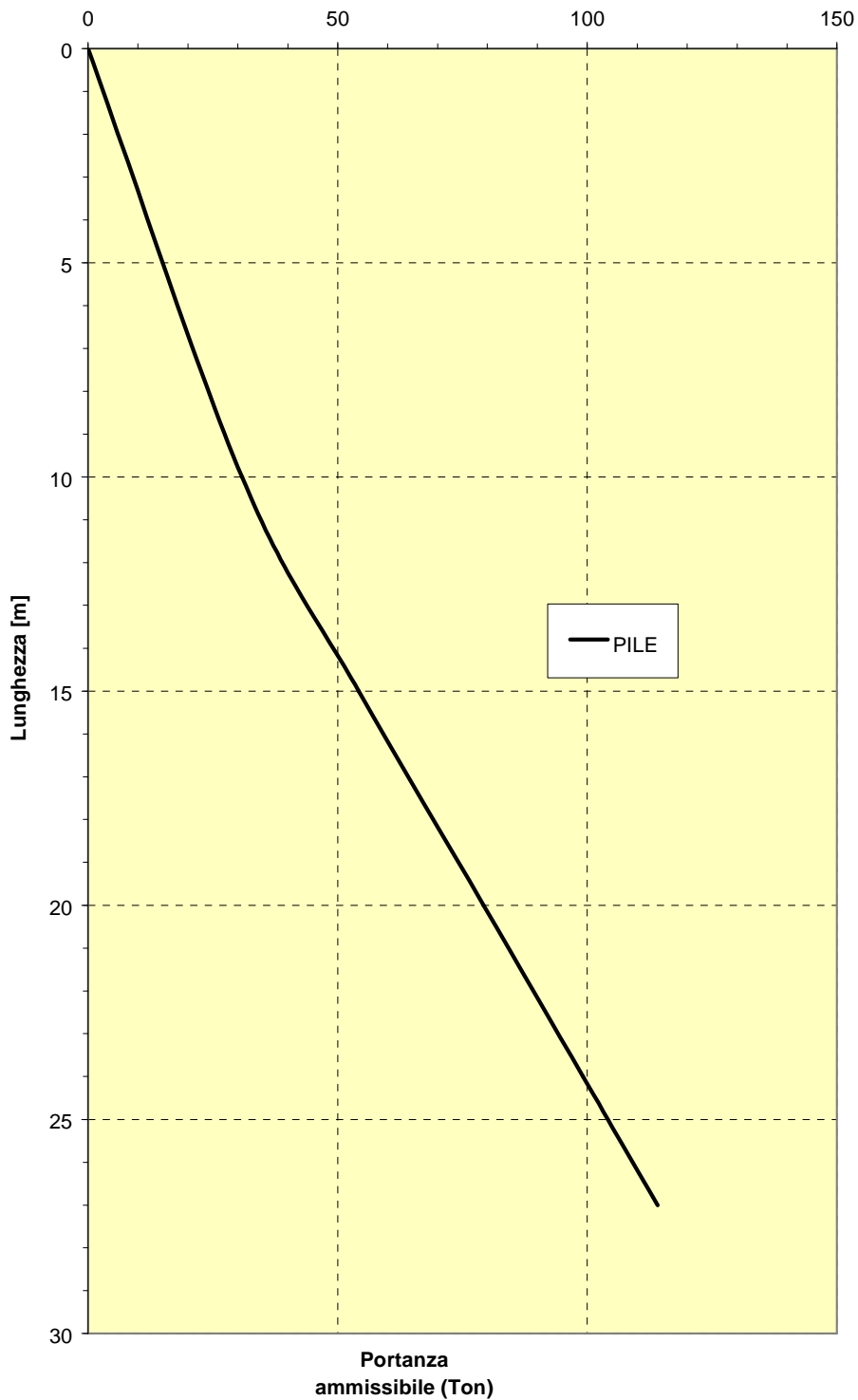


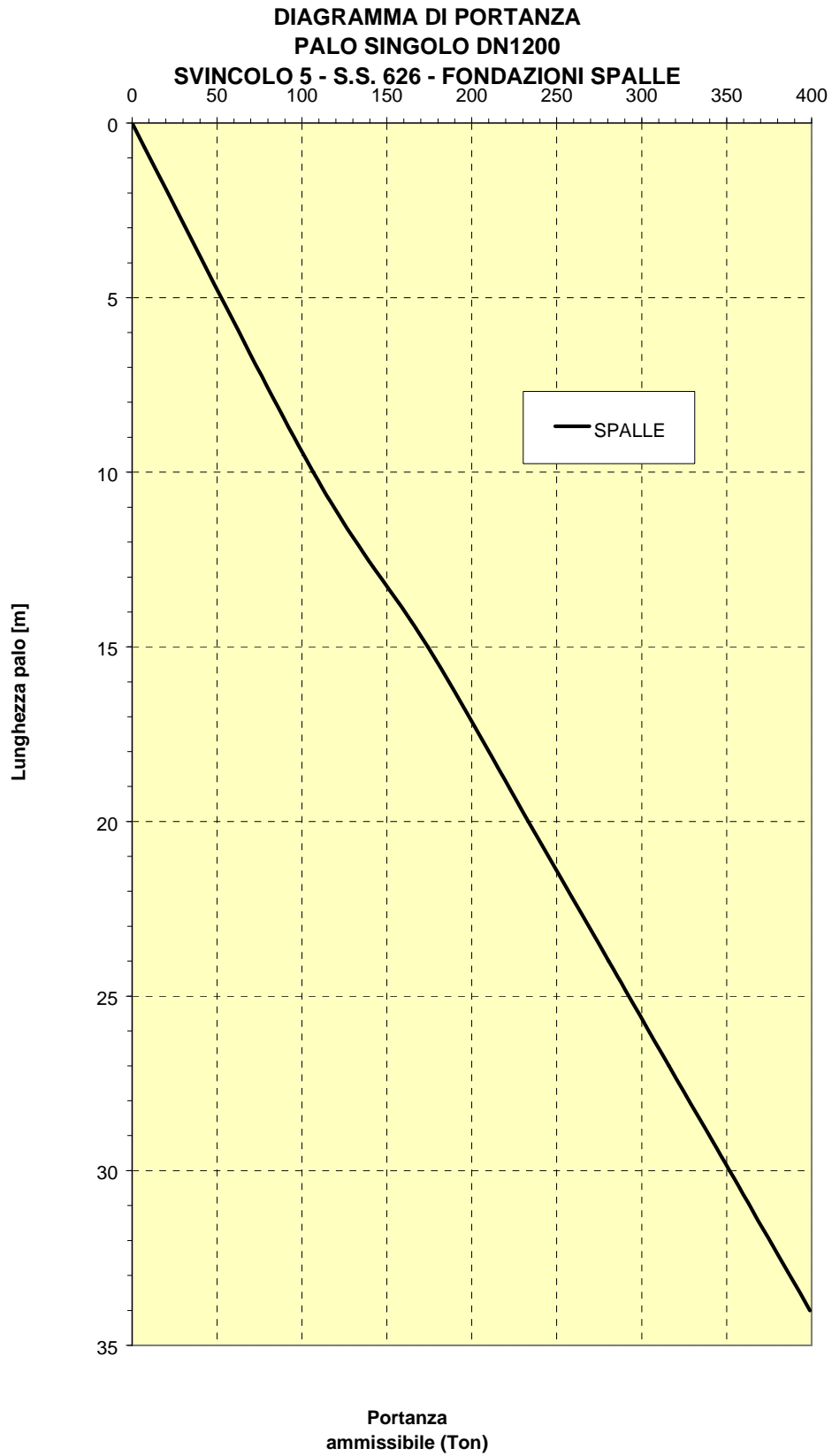






**DIAGRAMMA DI PORTANZA  
PALO SINGOLO DN 500  
SVINCOLO 5 - S.S.626 - FONDAZIONI PILE**





#### 4.3.19 – Cavalcavia e sottovia secondarie

Nelle pagine successive viene fornito il dimensionamento geotecnico delle fondazioni delle spalle dei cavalcavia e dei sottovia delle secondarie da realizzare lungo lo sviluppo del tracciato di progetto.

Sottovia in corrispondenza delle secondarie, con scatolare a fondazione diretta:

- sottovia “portella dell’arena” – da progr. 12+000 a 12+200
- sottovia svincolo 3 “Caltanissetta sud” – progr. 12+640

Cavalcavia in corrispondenza delle secondarie, con plinti su pali del  $\phi$  1000/1200:

- Cavalcavia CV02      progr. 1+621
- Cavalcavia CV03      progr. 4+178
- Cavalcavia CV04      progr. 6+618
- Cavalcavia CV05      progr. 7+583
- Cavalcavia CV07      progr. 19+380
- Cavalcavia CV08      progr. 22+353
- Cavalcavia CV09      progr. 23+640

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – sottovia secondaria – progr. 12+000 – 12+200***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale II.3c;**- sondaggi S.24 fase I, S.47 fase II, campioni S24C1,S24C2,S47C1)*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 0.50	<b>R/TV</b> – Terreno di copertura vegetale  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
0.50 – 7.50	<b>S</b> – Sabbie giallastre con frammenti quarzarenitici, intercalazioni di limo sabbiosa con gusci fossili  $\gamma = 1.90 \text{ T/mc}$ $c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 30^\circ$
7.50 – 17.50	<b>AS</b> – Argilla limo-sabbiosa, consistente  $\gamma = 1.95 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.6 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 23^\circ$
17.50 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla limo-marnosa pliocenica.  $\gamma = 2.0 \text{ T/mc}$ $Cu = 2.2 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 23^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – sottovia secondaria – progr. 12+640***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale II.3c;**- sondaggi S.24 fase I, S.47, S.48 fase II, campioni S24C1, S24C2, S47C1, S48C1, S48C2)*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 1.50	<b>R/TV</b> – Terreno di copertura vegetale  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
1.50 – 5.00	<b>S</b> – Sabbie giallastre con frammenti quarzarenitici, intercalazioni di limo sabbiosa con gusci fossili  $\gamma = 1.90 \text{ T/mc}$ $c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 30^\circ$
5.00 – 17.50	<b>AS</b> – Argilla limo-sabbiosa, consistente  $\gamma = 1.90 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.2 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.35 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 24^\circ$
17.50 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla limo-marnosa pliocenica.  $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 2.2 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 21^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – cavalcavia secondaria CV02 - progr. 1+621***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale I. 1a;**- sondaggi S.4 fase II, campioni S4C1,S4C2)*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 1.00	<b>TV/TN</b> – Terreno agrario o limo argilloso ricco di sostanza organica di colore bruno. $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
1.00 – 12.00	<b>MA</b> – Marna argillosa-calcareia con livelli calcarei biancastri $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 0.75 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 25^\circ$
12.00 – 15.00	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa tortoniana, parte sup. $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 0.75 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 21^\circ$
15.00 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa tortoniana, parte prof. $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.25 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 20^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – cavalcavia secondaria CV03 - progr. 4+178***(interpolazione parametri geotecnici:**-sondaggi S11-fase1; A30,A33,A34-anas88 )*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 1.00	<b>R/TV</b> - Materiale di riporto di vario genere  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
1.00 – 6.50	<b>TN</b> – Deposito elu-colluviale costituito da limo argilloso, alterato, colore bruno, ricco di sostanza organica, saturo e compressibile.  $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $(Cu = 0.6 \text{ Kg/cmq})$ $c' = 0.25 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 18.5^\circ$
6.50 – 15.00	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa, parte superiore $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 0.80 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.25 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 18^\circ$
15.00 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa tortoniana, parte profonda $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.6 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 20^\circ$

**FALDA RINVENUTA A QUOTA –2.00 DA P.C.**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – cavalcavia secondaria CV04 - progr. 6+618***(interpolazione parametri geotecnici:**-sondaggi S13-fase 1)*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 0.50	<b>R/TV</b> - Materiale di riporto di vario genere  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
0.50 – 14.00	<b>TN/LA</b> – Deposito elu-colluviale costituito da limo argilloso, alterato, colore bruno, ricco di sostanza organica, saturo e compressibile. In profondità tale deposito passa a limo argilloso di colore giallastro con inclusi gessosi  $\gamma = 1.9 \text{ T/mc}$ $(Cu = 0.55 \text{ Kg/cmq})$ $c' = 0.20 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 17^\circ$
14.00 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte profonda  $\gamma = 1.95 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.6 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 20^\circ$

**FALDA RINVENUTA A QUOTA –3.60 DA P.C.**



**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – cavalcavia secondaria CV05 - progr. 7+583***(interpolazione parametri geotecnici:**- stratigrafia di caratterizzazione generale I.3b;**- sondaggi S.15 fase I, campioni S15C1,S15C2,S15C3)*

0.00 – 1.00	<b>R/TV</b> - Materiale di riporto di vario genere  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
1.00 – 5:00	<b>TN/LA</b> – Deposito elu-colluviale costituito da limo argilloso, alterato, colore bruno, ricco di sostanza organica, saturo e compressibile. In profondità tale deposito passa a limo argilloso di colore giallastro con inclusi gessosi  $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.00 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.10 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 16^\circ$
5.00 – 15.00	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte sup.  $\gamma = 1.85 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.20 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 23^\circ$
15.00 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte prof.  $\gamma = 1.95 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.7 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.6 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 21.5^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – cavalcavia secondaria CV07 - progr. 19+380***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.1d;
- sondaggi S.37 fase I, campioni S37C1, S37C2)
- prova penetrometrica PD05 fase I - PD18 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 1.00	<b>R/TV</b> – Riporto o terreno di copertura vegetale  $\gamma = 1.7 \text{ T/mc}$
1.00 – 4.50	<b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi. Passaggi di sabbia limosa.  $\gamma = 1.90 \text{ T/mc}$ $\text{Cu} = 0.7 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.1 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 19^\circ$
4.50 – 15.00	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa, parte superiore $\gamma = 1.95 \text{ T/mc}$ $\text{Cu} = 1.00 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 20^\circ$
15.00 – in prof.	<b>FB</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda  $\gamma = 2.0 \text{ T/mc}$ $\text{Cu} = 1.9 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 19^\circ$

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – cavalcavia secondaria CV08 - progr. 22+353***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.3a;
- sondaggi S.41 fase II, campioni S41C1,S41C2,S41C3)
- prova penetrometrica PD25 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 2.50	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.7 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 17^\circ</math></p>
2.50 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.80 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.20 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 2.1 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.25 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 20^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

**STRATIGRAFIA DI CALCOLO – cavalcavia secondaria CV09 - progr. 23+640***(interpolazione parametri geotecnici:*

- stratigrafia di caratterizzazione generale III.3a;
- sondaggi S.42 fase 1; S.57 fase 2, campioni S42C1, S42C2, S42C3, S57C1, S57C2)
- prova penetrometrica P8 fase I)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 8.00	<p><b>ALF</b>– Alluvioni costituite da limo-sabbioso con inclusi lapidei</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 27^\circ</math></p>
8.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT1</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math>  <math>Cu = 1.50 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 22^\circ</math></p>
15.00 – in prof.	<p><b>FB/AMT2</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa. parte profonda</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 2.0 \text{ T/mc}</math></p> <p style="text-align: right;"><math>Cu = 2.1 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 15^\circ</math></p>

**FALDA NON PRESENTE**

Determinazione della portanza dei pali.

Il carico limite verticale è stato calcolato, con riferimento allo schema stratigrafico precedentemente determinato, mediante l'espressione

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove  $P_{lim}$  e  $S_{lim}$ , rispettivamente sono carico limite alla punta e carico limite laterale ed hanno le seguenti espressioni generali:

$$P_{lim} = (1.3 c N_c + \sigma_v N_q + 0.3 \gamma D N_\gamma) \pi D^2 / 4$$

$$S_{lim} = (\alpha c + \sigma_v K_s T_g \phi) \pi D L$$

Dove:

L lunghezza

D diametro del palo

$\sigma_v$  tensione verticale agente

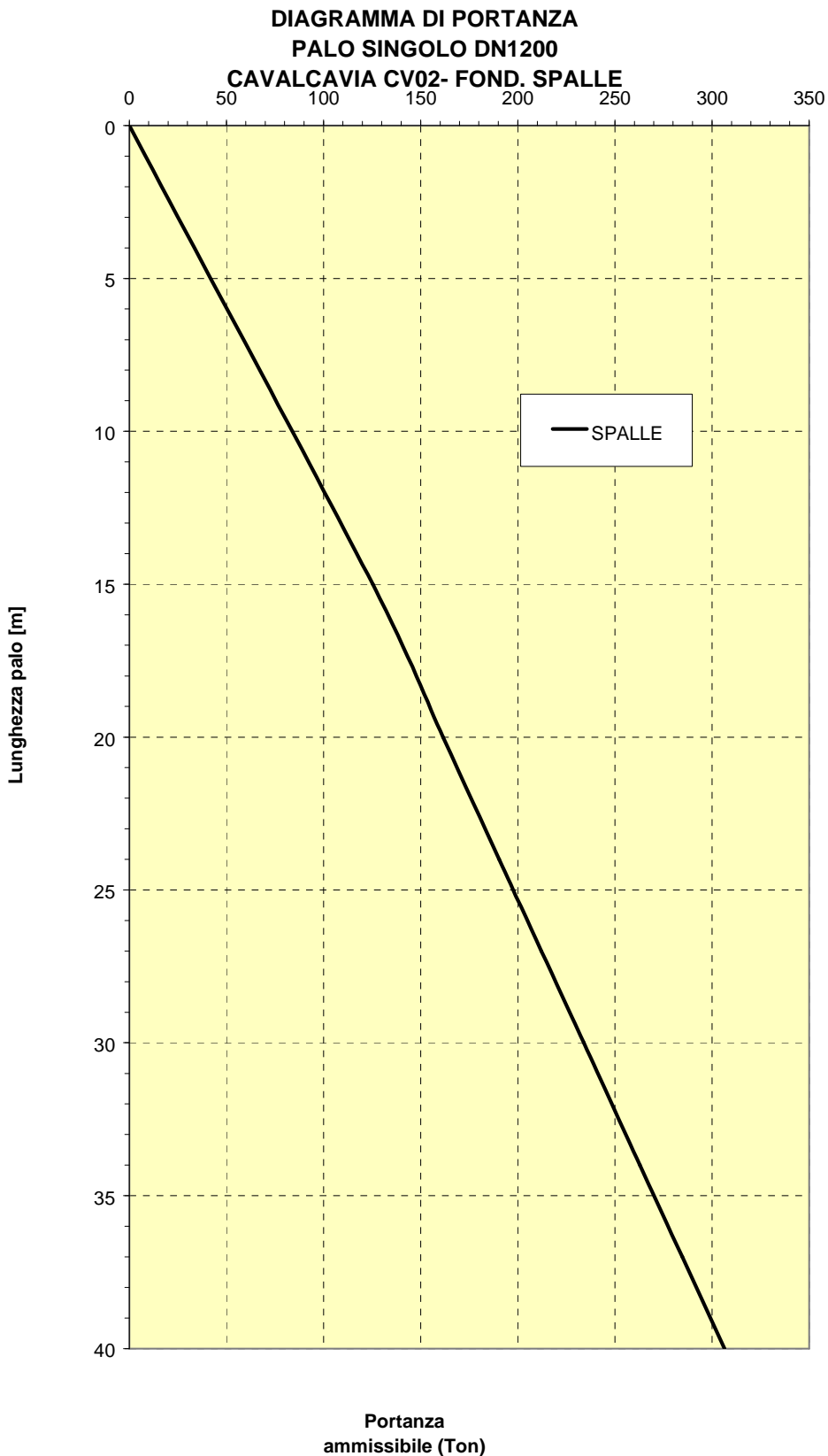
$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$  fattori di capacità portante funzioni di  $\phi$  e  $c$ .

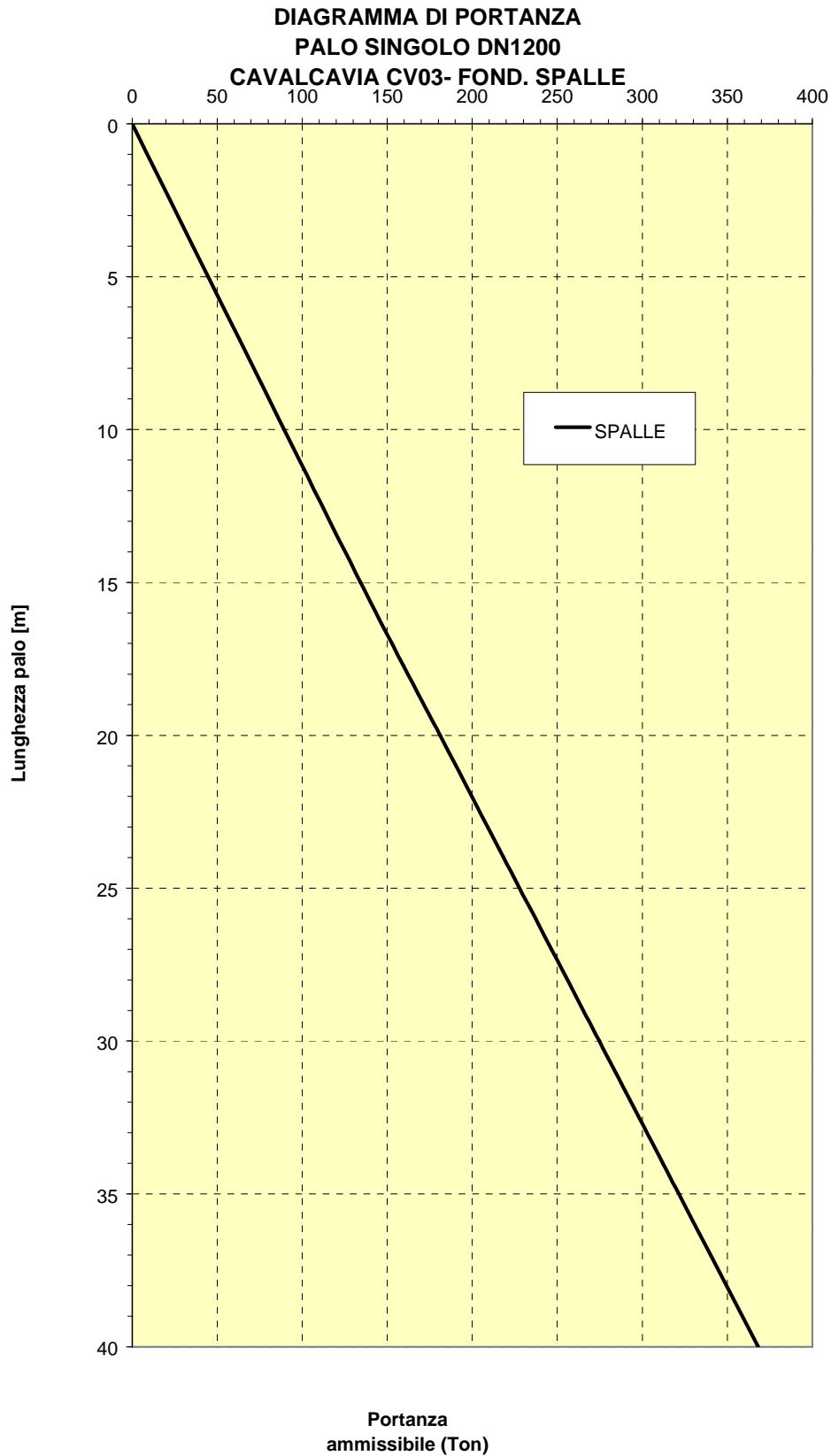
$\alpha$  coefficiente di adesione

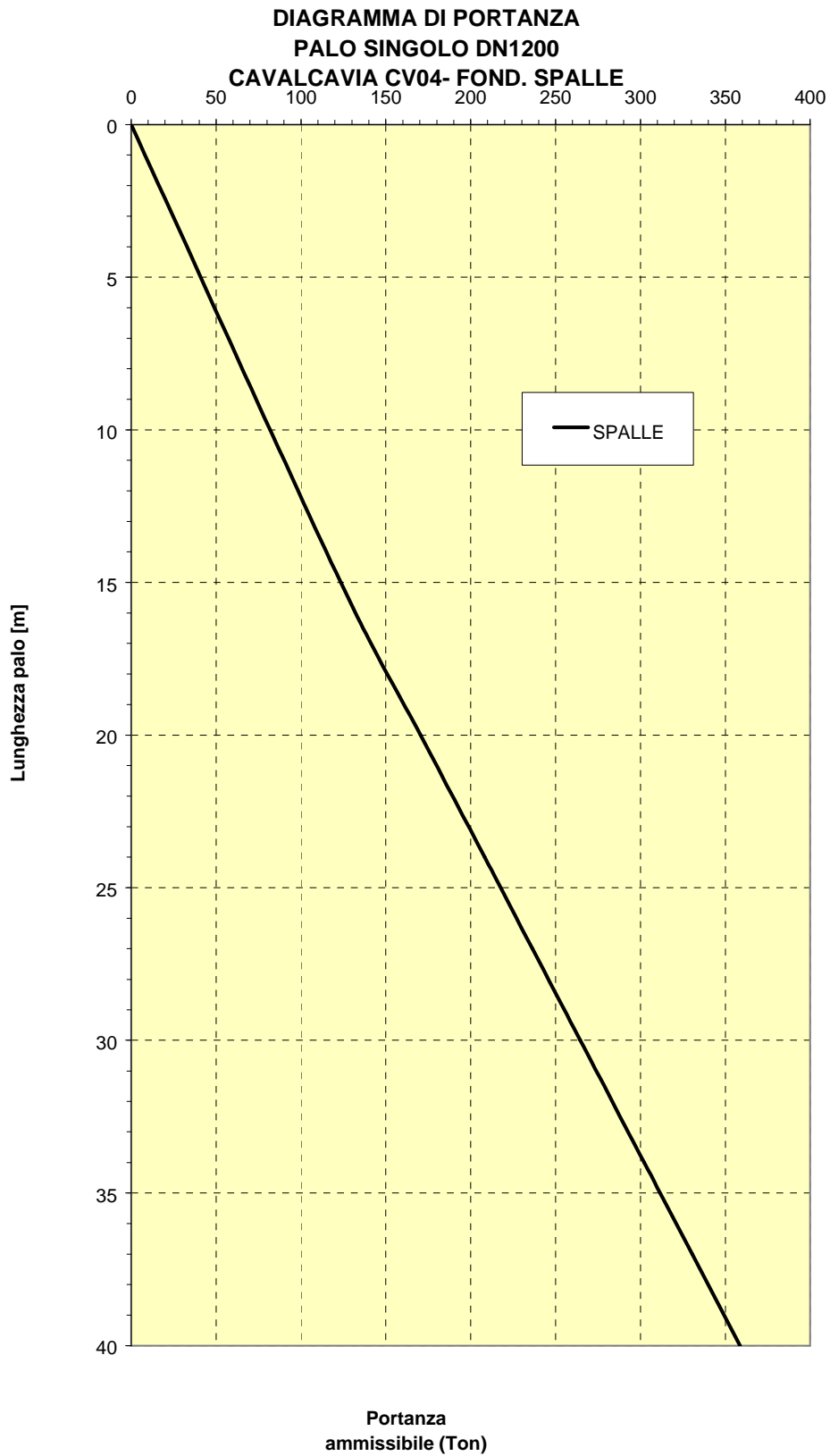
Nella pagina seguente viene presentata in grafico riassuntivo la capacità portante del palo  $\phi$  1000/1200, per lunghezza compresa tra 0 e 30 m.

Si è analizzata sia la condizione drenata ( $\phi' \neq 0$ ,  $c' \neq 0$ ,  $C_u = 0$ ), sia la condizione non drenata ( $\phi = 0$ ,  $C_u \neq 0$ ).

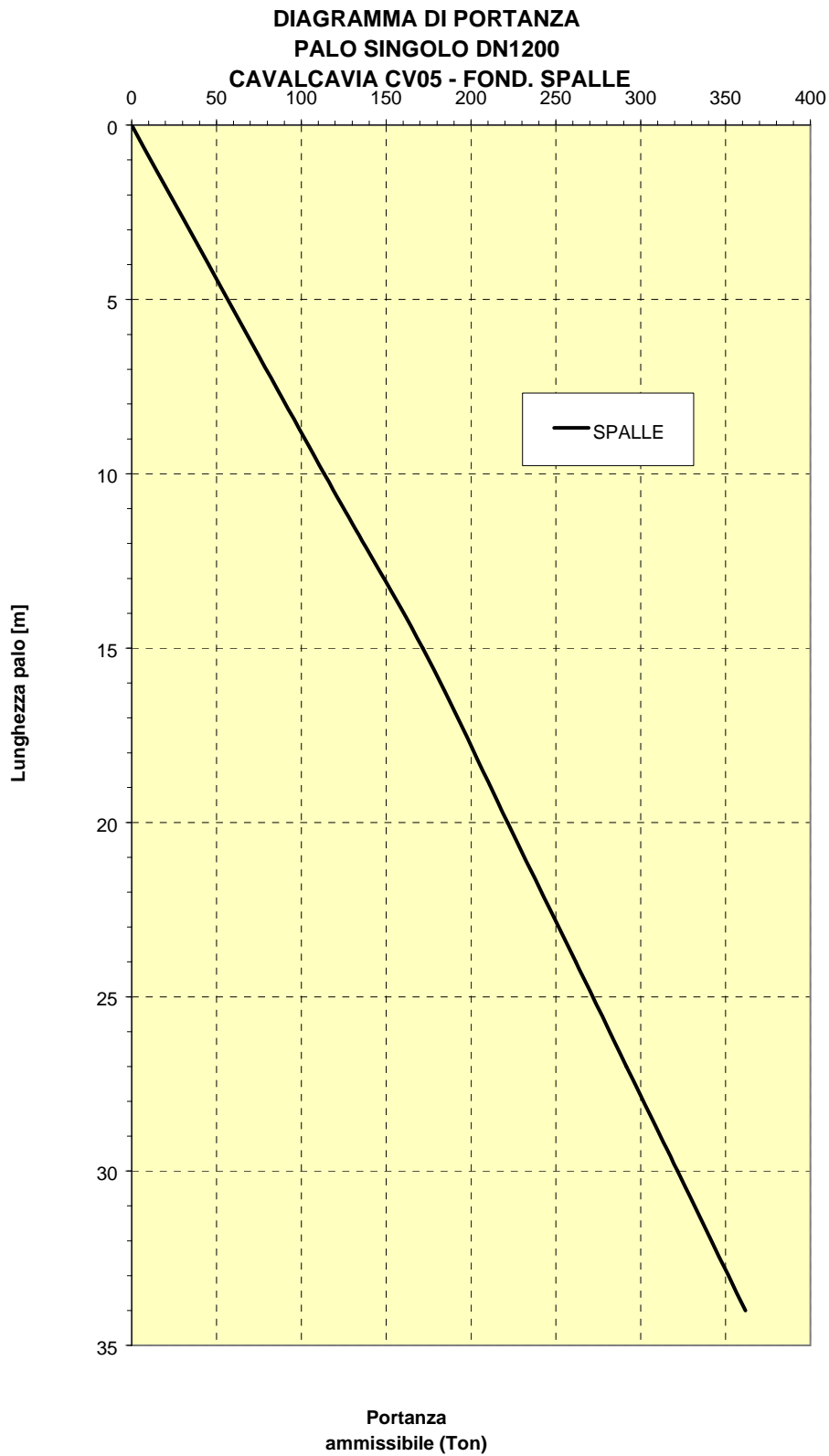
In appendice A vengono riportati i tabulati di calcolo, relativi alla condizione che ha determinato valori di portanza minori.

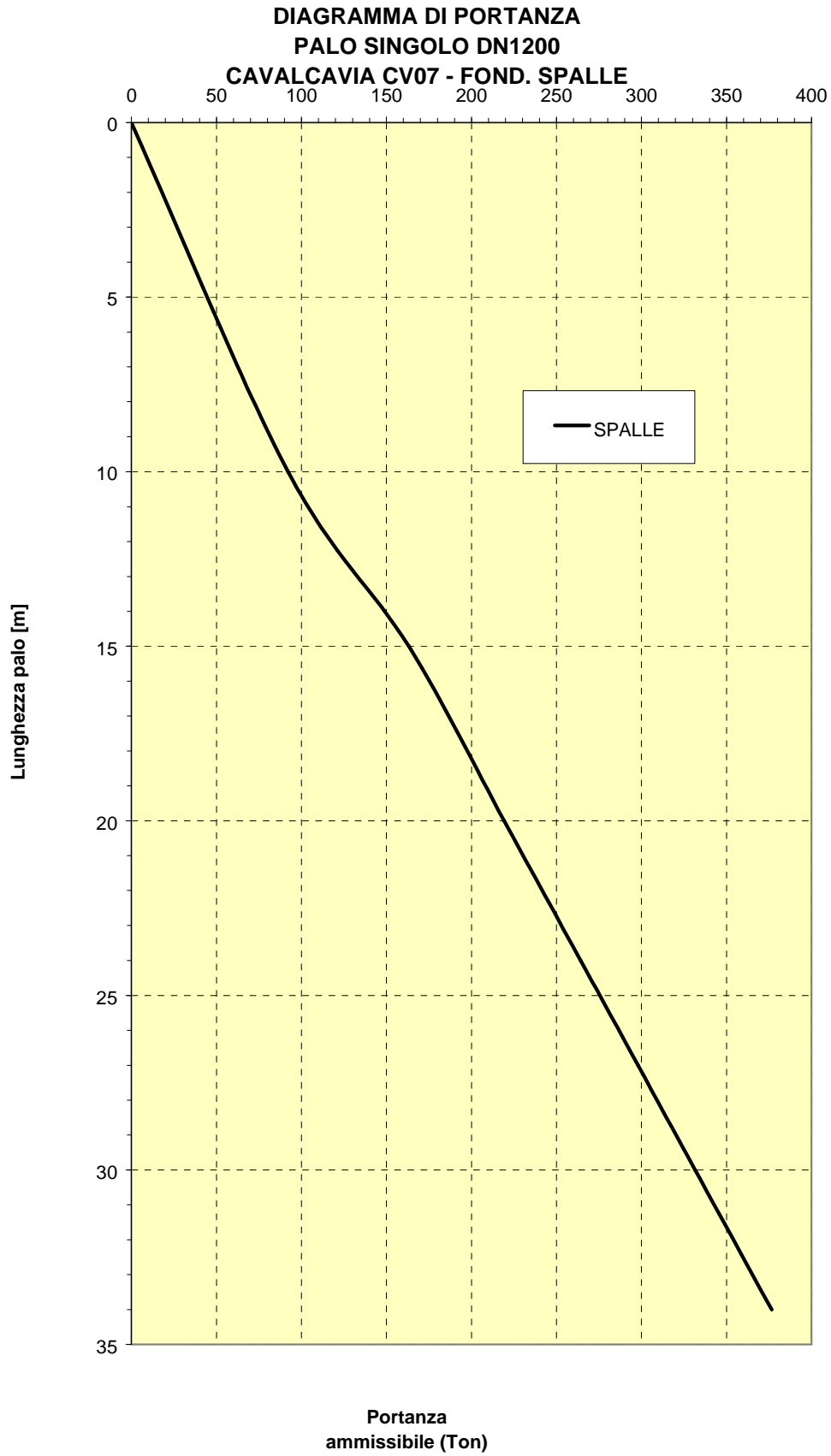


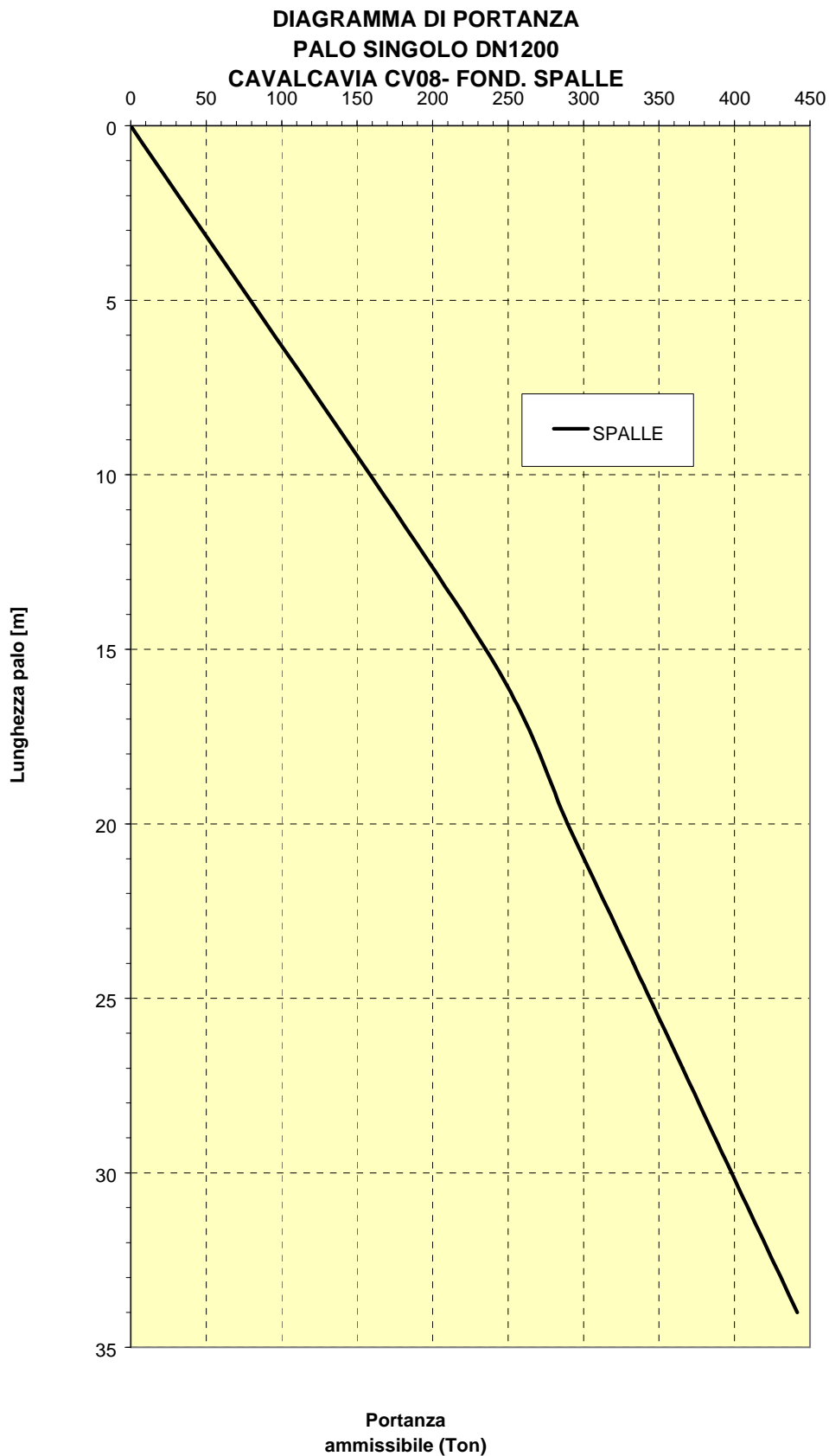


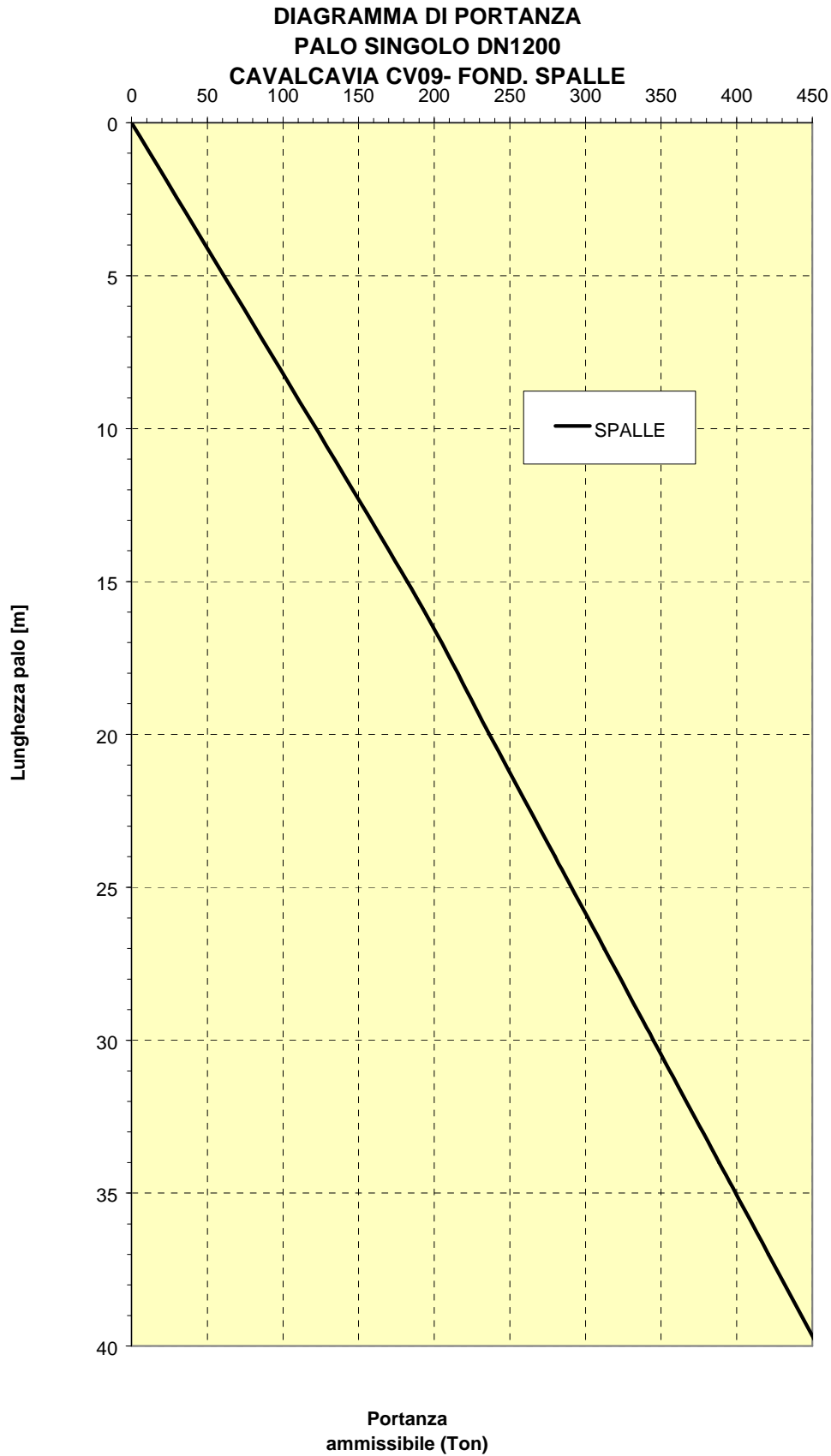












**4.3.20– DETERMINAZIONE COEFFICIENTE DI GRUPPO**

Il coefficiente di gruppo per valutare l'efficienza della palificata delle vate tipologie di plinti su pali previsti per le fondazioni di spalle e pile di viadotti e cavalcavia viene determinato in base alla formula di Converse-Labarre, secondo la seguente espressione:

$$E=1-\text{acrtang}(D/I)*((a-1)*b+(b-1)*a)/(90*a*b)$$

Dove:

D= diametro palo, variabile da 1.20 a 1.50 m.

I = interasse medio dei pali , minore di 3D

a= numero di pali per fila

b= numero di pali per colonna

I risultati ottenuti sono ricapitolati nella seguente tabella:

**PALIFICATE CON PALI Φ 1200**

Plinto a 8 pali - spalle	E=0.75
Plinto a 8 pali – pile	E=0.80
Plinto a 12 pali – spalle	E=0.70
Plinto a 18 pali – spalle	E=0.70

**PALIFICATE CON PALI Φ 1500**

Plinto a 5 pali-pile	E=0.85
Plinto a 6 pali-pile	E=0.75
Plinto a 8 pali-pile	E=0.75
Plinto a 9 pali-pile	E=0.70
Plinto a 12 pali-pile	E=0.65

#### 4.3.21 – ANALISI CEDIMENTO PALO SINGOLO

Viene eseguita qui di seguito la verifica del cedimento dei pali  $\phi 1200/1500$  di fondazione dei viadotti.

La deformazione di un palo lungo di grosso diametro, con  $L/D > 20$ , ( $L = 25/35.00$  m. e  $D = 1200/1500$  cm.) viene considerata come l'effetto combinato di: cedimento del terreno alla base del palo  $\delta_t$  ed accorciamento elastico del palo  $\epsilon_p$ .

Ciò perché la deformazione sopra la punta del palo è limitata all'accorciamento elastico, mentre gli sforzi esistenti nel terreno sotto il palo sono responsabili del cedimento.

#### Cedimento del terreno alla base del palo $\delta_t$

Dalla teoria di Boussinesq, modificata da Geddes, il cedimento in un punto posto a distanza  $r$  dal palo e  $z$  dal piano campagna viene determinato dalla seguente formula:

$$\delta_t = \sigma_z * H/E_t \quad \text{dove}$$

$H$  ... lunghezza palo

$E_t$  .. modulo elastico del terreno

$\sigma_z$  ... sforzo verticale nel punto pari a:

$$\sigma_z = P * K_z/H^2 \quad \text{con } P \text{ ... carico in testa palo}$$

$K_z$  coefficiente d'influenza adimensionale ricavato dalla tabella presentata nella pagina successiva in funzione dei parametri adimensionali  $n=r/H$  ed  $m=z/H$ .

Per valutare i cedimenti nel caso in oggetto si assume:

$$r=3D/2 \quad (\text{distanza media tra i pali della palificata ad interasse } i=3D)$$

$$\mu=0.3 \quad (\text{coefficiente di poisson del terreno})$$

Il palo è considerato con resistenza di attrito costante lungo il fusto (terreni coesivi).

### **Accorciamento elastico del palo $\epsilon_p$**

Nel caso in oggetto l'accorciamento elastico del palo, prescindendo dall'instabilità al carico di punta, è dato dalla formula  $\epsilon_p = P * H / (2EA)$  dove:

P ... carico sul palo (t)

H ... lunghezza palo (m)

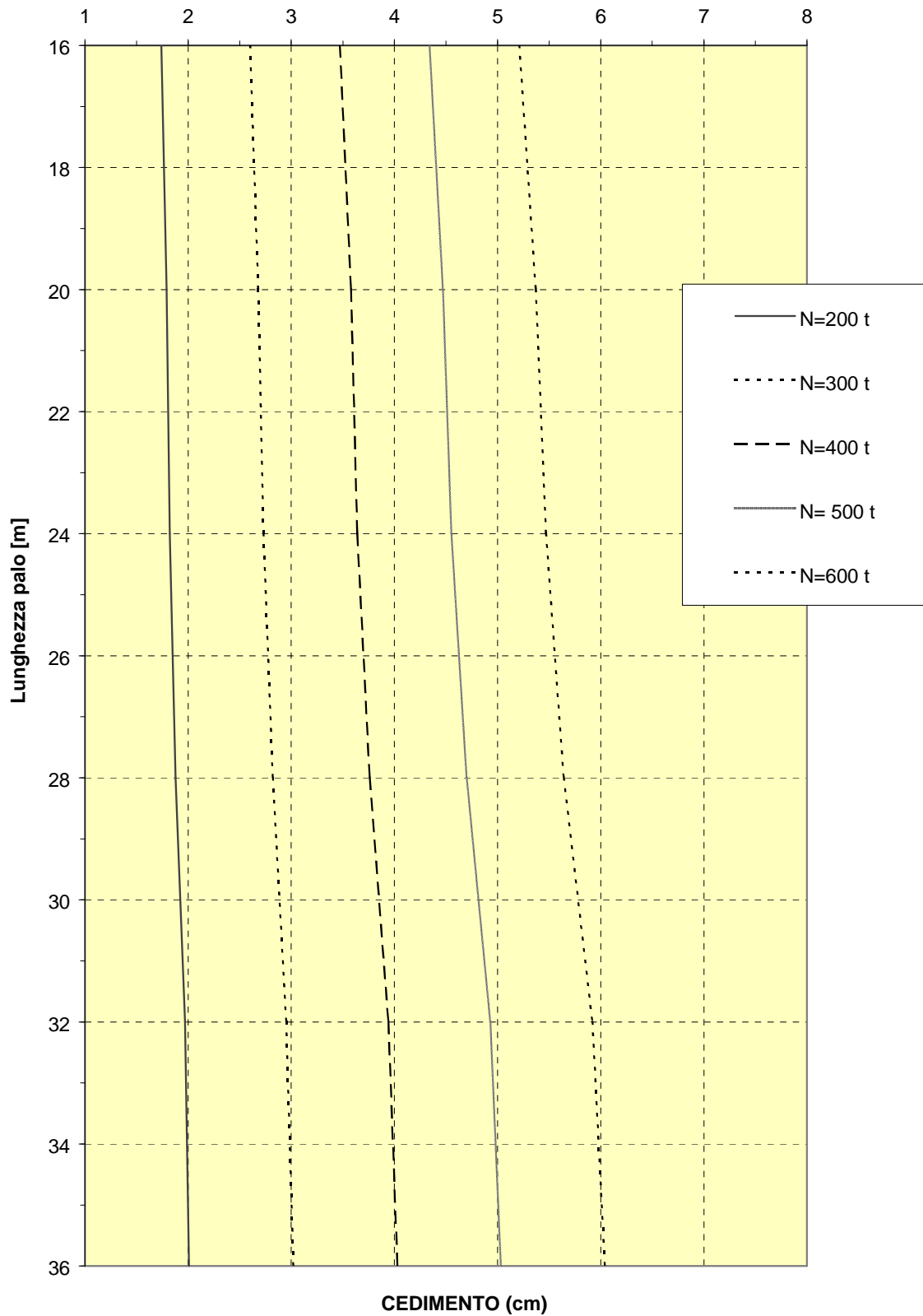
E .. modulo elastico del palo (t/mq)

A ... area del palo (mq)

Il cedimento totale del palo singolo valutato con tale sistema, pari a  $Ced = \delta_t + \epsilon_p$ , è presentato nei grafici delle pagine seguenti in funzione della lunghezza del palo e del carico agente, variabile da 200 a 600 t., per i diametri previsti:  $\phi 1200/1500$ .

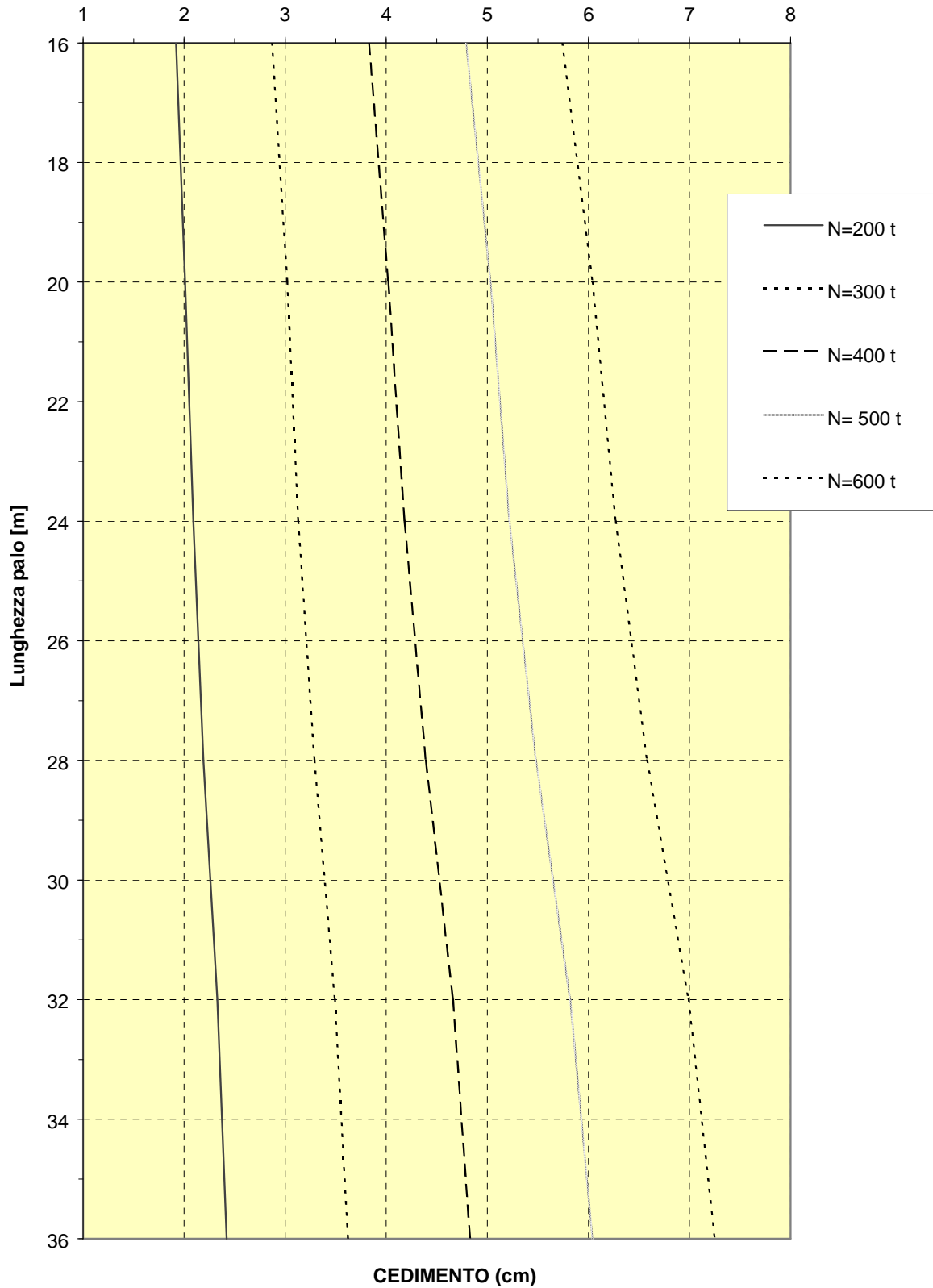
Come si evince dall'esame dei grafici i cedimenti previsti sono pienamente ammissibili, variando da 1.73 a 6.04 cm. per il palo  $\phi 1500$  e da 1.91 a 7.24 cm. per il palo  $\phi 1200$ .

**DIAGRAMMA CEDIMENTO  
PALO SINGOLO DN1500**





**DIAGRAMMA CEDIMENTO  
 PALO SINGOLO DN1200**



## 5) VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEI PENDII NATURALI

I siti individuati lungo lo sviluppo del tracciato di progetto che si reputa necessario verificare alla stabilità globale sono i seguenti:

**Sez. A – sez. trasv. 404** – Zona II.1 – Seconda variante – tratto iniziale

*Pendio di natura argillosa.*

*Presenza in mezza costa al pendio di tratto su rilevato di notevole altezza prima del viadotto Favarella **VI02***

**Sezz. B e C – sezz. trasv. 686** – Zona II.5 – C/da S. Filippo Neri

*Pendii di natura argillosa-calanchiva molto appesi e strada su rilevato.*

*Presenza in zona dello sbocco galleria S.Elia **GN02** e dei viadotti S.Giuliano **VI04** e S.Filippo Neri **VI05***

**Sezz. D – sez. trasv. 801** – Zona III.2 – C/da Abbazia Santuzza

*Pendio di natura argillosa-calanchiva.*

*Presenza in cresta di tratto su rilevato molto alto.*

**Sez. E** – Zona III.4 – Arenella - Cozzo Garlatti

*Pendio su alveo con alluvioni del comprensorio Arenella-Salso.*

Per ogni sito individuato viene appresso eseguita la verifica necessaria ai fini dell'accertamento delle condizioni di stabilità globale, individuando la sezione di massima pendenza indicata in ciascuna planimetria.

Il metodo di calcolo utilizzato fa parte dei metodi che studiano la stabilità globale nella condizione di equilibrio limite ultimo.

Il metodo consiste, prefissata una probabile superficie di scivolamento a direttrice circolare, nel suddividere il masso di terreno delimitato da questa e dal profilo del terreno in conci e nel valutare, per ogni concio, le grandezze che intervengono nella determinazione del coefficiente di sicurezza.

Queste sono:

$W_i$  : peso del concio iesimo;

$U_i$  : pressione neutra alla base del concio iesimo;

$\sin \alpha_i$  : seno, coseno, tangente dell'angolo che la congiungente il

$\cos \alpha_i$  centro della direttrice circolare con il baricentro della

$\tan \alpha_i$  base del concio iesimo forma con la verticale;

$A_{xi}$  : larghezza del concio iesimo;

Ad ogni superficie di scivolamento compete un valore di F.

In ogni sezione viene evidenziato il campo dei centri delle probabili superfici di scivolamento.

La verifica eseguita ha tenuto conto della presenza del sisma e di eventuali sovraccarichi presenti nel pendio, come i sovraccarichi stardali e la presenza di rilevati.

Nelle pagine che seguono, per ciascuna sezione individuata, viene presentata la caratterizzazione geotecnica del pendio, ricavata da apposite indagini geognostiche eseguite nell'area, ed i risultati della verifica eseguita.

In allegato (D) alla presente relazione sono presentati i tabulati di calcolo della verifica eseguita per ciascuna sezione.

**SEZ. A****(sezione trasversale asse principale 404 )****Zona II.1 – Seconda variante – tratto iniziale**

*Pendio di natura argillosa.*

*Presenza in mezza costa al pendio di tratto su rilevato di notevole altezza prima del viadotto Favarella **VI02***

La zona si inquadra in corrispondenza di un pendio molto appeso, oltre lo sbocco della galleria artificiale, nel tratto compreso tra la galleria e la spalla A del viadotto Favarella.

Il tracciato taglia il versante a mezza costa, con la carreggiata sinistra in scavo e la destra su rilevato di notevole altezza (9.00 m.)

Il pendio è caratterizzato da una successione stratigrafica costituita da uno strato superficiale di limo alterato, di spessore medio 6.00 m., posto al di sopra della formazione di base delle argille marnose plioceniche.

La verifica mira ad accertare le condizioni di stabilità globale del versante nella sua configurazione attuale e con la previsione progettuale di realizzazione delle due carreggiate, di cui la sinistra a mezza costa e la destra su rilevato.

Nella zona sono stati segnalati, nella caratterizzazione geomorfologica, delle soliflussioni in prossimità dei versanti argillosi del vallone Favarella, dove sono presenti, in destra idraulica, dei modesti dissesti superficiali legati alla mancata regimentazioni delle acque di ruscellamento del versante e della viabilità esistente .

L'opera si inserisce quindi in un versante soggetto a soliflussioni e piccoli dissesti superficiali, già adesso visibili nella viabilità esistente che presenta piccole sconnesioni della pavimentazione stradale.

Sondaggi eseguiti nell'area: S.17 (fase I)

Nelle figure successive sono presentate la planimetria dell'area in questione, con indicata la sezione verificata alla stabilità e la sezione trasversale n. 404.

La caratterizzazione geotecnica del sito, ricavata dalla indagini geognostiche svolte, è la seguente:

*(interpolazione parametri geotecnici:*

*- sondaggio S.17 fase I, campioni S17C1,S17C2,S17C3)*

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 6.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi, passante ad alluvioni fini con inclusi lapidei nella parte centrale.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.8 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 14^\circ</math></p>
6.00 – in prof.	<p><b>FB/AMP</b> - Formazione di base – Argilla marnosa pliocenica, parte superiore</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.10 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.3 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 20^\circ</math></p>

Dai tabulati di calcolo presentati in allegato D si ricava che la pendice presa in considerazione, nella sua conformazione attuale, risulta avere coefficienti di sicurezza alla stabilità globale che variano da 2.00 a 3.00 a secondo dei volumi di terreno considerati, tutti molto maggiori del minimo normativo di 1.3 (caso 1).

Nel caso 2 corrispondente alla schematizzazione della situazione di progetto, i coefficienti di sicurezza alla stabilità globale si abbassano fino al valore minimo di 1.29 (superficie n. 8), al limite del valore normativo di 1.3.

Nelle pagine successive vengono presentati i grafici delle superfici di scivolamento più rappresentative individuate che hanno determinato i coefficienti di sicurezza più bassi per entrambe le situazioni analizzate.

I risultati ottenuti hanno confermato la stabilità complessiva del versante a meno dello strato superficiale alterato, che nel caso venga sovraccaricato dalla presenza del rilevato stradale, raggiunge coefficienti di sicurezza al limite normativo.

Pertanto, oltre alle opere di regolarizzazione delle acque superficiali, è opportuna la previsione di un muro di sottoscarpa del rilevato con fondazioni indirette per evitare problemi di possibili cedimenti o smottamenti del piede del rilevato.

Tale muro di sottoscarpa su pali va ubicato in continuazione del muro andatore della spalla A del viadotto favarella sul lato destro della carreggiata destra.

## Sezz. B e C

### Sezione trasversale 686

#### Zona II.5 – C/da S. Filippo Neri

*Pendio di natura argillosa-calanchiva molto appeso.*

*Presenza in zona dello sbocco galleria S.Elia **GN02** e di viadotti S.Giuliano **VI04** e S.Filippo Neri **VI05***

Sondaggi eseguiti nell'area: S.53, S.30 (fase II)

Nella figura successiva è presentata la planimetria dell'area in questione, con indicate le sezioni verificate alla stabilità.

Le sezioni B e C sono relative ai due versanti opposti entrambi di natura argillosa calanchiva, dove sono attestate la spalle terminali dei viadotti VI04 e VI05.

La sezione 686 è relativa alla sezione trasversale, di pari numero, dell'asse principale, ubicata nella parte centrale della vallata in questione, in corrispondenza del breve tratto su rilevato compreso tra la spalla B del viadotto S.Giuliano (VI04) e la spalla A del viadotto S.Filippo Neri(VI05).

L'intero versante, è interessato da processi erosivi in atto, che iniziano alla base del pendio, in prossimità del vallone, che opera un continuo scalzamento ed erosione dell'ammasso argilloso.

Il versante evolve in assetto calanchivo, determinando una continua denudazione e rapida evoluzione del pendio con arretramento verso monte. Procedendo oltre, nel settore di raccordo tra galleria e viadotto, i fenomeni erosivi si limitano a soliflussi generalizzati che interessano la copertura di suolo.

Il pendio è caratterizzato da una successione stratigrafica costituita da uno strato superficiale di limo alterato, di spessore medio 2.00 m., posto al di sopra della formazione di base della breccia-argillosa.

La caratterizzazione geotecnica del sito, ricavata dalle indagini geognostiche svolte, è la seguente:

(interpolazione parametri geotecnici:

- sondaggi S.30 S.53 fase 2, campioni S30C1,S30C2,S30C3,S53C1,S53C2,S53C3
- prova penetrometrica PD14 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 2.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro .</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.85 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.5 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
2.00 – in prof.	<p><b>FB/AB</b> - Formazione di base – Breccia argillosa scagliosa</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 1.6 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>c' = 0.25 \text{ Kg/cmq}</math>  <math>\phi' = 20^\circ</math></p>

## **FALDA NON PRESENTE**

### Risultati della verifica

#### Sezione B e C

Dai tabulati di calcolo, presentati per esteso in allegato D, si ricava che le due pendici prese in considerazione, nella loro conformazione attuale, risultano avere coefficienti di sicurezza alla stabilità globale che variano da 1.50 a 3.00 a secondo dei volumi di terreno considerati, tutti maggiori del minimo normativo di 1.3 (caso 1).

Ciò evidenzia che le modeste deformazioni superficiali non proseguono in profondità ed il fenomeno di erosione è limitato alla coltre superficiale.

#### Sezione 686

La pendice presa in considerazione è stata analizzata sia nella sua conformazione attuale (caso 1) sia nella previsione di progetto di realizzazione del rilevato della carreggiata sinistra (caso 2).



Nel caso 1 si sono ottenuti coefficienti di sicurezza alla stabilità globale che variano da 2.2 a 2.7 a secondo dei volumi di terreno considerati, tutti maggiori di 1,3 .

Nel caso 2, con la presenza del rilevati e dei sovraccarichi stradali, il coefficiente di sicurezza si abbassa fino al valore di 1.26, al di sotto del valore normativo di 1,3.

Pertanto, oltre alle previste opere di regolarizzazione delle acque superficiali, è opportuna la previsione di un muro di sottoscarpa del rilevato con fondazioni indirette per evitare problemi di possibili cedimenti o smottamenti del piede dello stesso.

Tale muro va ubicato in collegamento tra i muri andatori della spalla B del viadotto S.Giuliano e la spalla A del viadotto S. Filippo N. sul lato sinistro della carreggiata sinistra.

Risulta altresì opportuno prevedere con fondazioni indirette tutte le altre opere d'arte a corredo della sbocco della galleria. Per ovviare ai problemi di erosione, nel settore è altresì previsto un intervento di sistemazione idraulica dell'asta fluviale al fine di bloccare l'evoluzione negativa del piede del versante e dell'area calanchiva, a protezione dei manufatti posti a monte.

Nelle pagine successive vengono presentate, per tutte le sezioni verificate, le superfici di scivolamento più rappresentative individuate e che hanno determinato i coefficienti di sicurezza più bassi.

### Monitoraggio

Al fine di verificare la stabilità complessiva del versante il foro del sondaggio S53, realizzato in corrispondenza dell'imbocco della galleria, è stato attrezzato con tubo inclinometrico per eseguire delle misurazioni dal p.c. a -20 m . Il monitoraggio ha avuto inizio il 15/05/06 ed è stato programmato per un intero anno (fino al 05/07) con letture mensili; le letture fin qui eseguite non hanno evidenziato movimenti dell'ammasso roccioso sia nei livelli superficiali che profondi. Tale indagine conferma che le modeste deformazioni superficiali non proseguono in profondità, come evidenziato dal rilevamento di superficie.

**Sezz. D****sezione trasversale 801****Zona III.2 – C/da Abbazia Santuzza**

*Pendio di natura argillosa-calanchiva.*

*Presenza in cresta di tratto su rilevato.*

Per un lungo tratto, nella zona III.2 in oggetto, il nuovo tracciato si mantiene in affiancamento a sinistra all'attuale strada; l'opera stradale, prevista in rilevato, poggia su di una cresta argillosa compresa tra due incisioni calanchive e pertanto va difesa con opere di contenimento al piede fondate su pali e da entrambi i lati del rilevato.

Nella zona è stata eseguita una verifica di stabilità per accertare le condizioni di stabilità globale del versante.

La verifica è stata ubicata in corrispondenza della sezione 801, dove è presente oltre al rilevato in cresta dell'asse principale, anche un tratto di secondaria, sempre su rilevato, alla destra dell'asse principale.

Sondaggi eseguiti nell'area: S.38 (fase I)

Nella figura successiva è presentata la planimetria dell'area in questione, con indicata la sezione verificata alla stabilità.

Il pendio è caratterizzato da una successione stratigrafica costituita da uno strato superficiale di limo alterato, di spessore medio 6.00 m., posto al di sopra della formazione di base delle argille marnose tortoniane.

La caratterizzazione geotecnica del sito, ricavata dalle indagini geognostiche svolte, è la seguente:

(interpolazione parametri geotecnici:

- sondaggi S.38 fase I, campioni S38C1, S38C2)
- sondaggi S.56 fase II, campioni S56C1, S56C2, S56C3)
- prova penetrometrica PD19, PD20 fase II)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 6.00	<p><b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.90 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.7 \text{ Kg/cm}^2</math>  <math>c' = 0.10 \text{ Kg/cm}^2</math>  <math>\phi' = 19^\circ</math></p>
6.00 – 15.00	<p><b>FB/AMT</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana.</p> <p style="text-align: right;"><math>\gamma = 1.95 \text{ T/mc}</math>  <math>C_u = 0.95 \text{ Kg/cm}^2</math>  <math>c' = 0.4 \text{ Kg/cm}^2</math>  <math>\phi' = 20^\circ</math></p>

## FALDA NON PRESENTE

Dai tabulati di calcolo, presentati per esteso in allegato D, si ricava che la pendice presa in considerazione, nella sua conformazione attuale, risulta avere coefficienti di sicurezza alla stabilità globale che variano da 1.45 a 2.10 a secondo dei volumi di terreno considerati, tutti comunque maggiori del minimo normativo di 1.3 (caso 1).

Nel caso 2, corrispondente alla schematizzazione della situazione di progetto, i coefficienti di sicurezza alla stabilità globale si abbassano fino al valore minimo di 1.10 (superficie n. 91), al di sotto del valore normativo di 1.3.

Nelle pagine successive vengono presentati i grafici delle superfici di scivolamento più rappresentative individuate che hanno determinato i coefficienti di sicurezza più bassi per entrambe le situazioni analizzate.

La retta tangente per la schematizzazione della superficie di scivolamento è stata impostata al contatto tra la formazione superficiale limosa alterata e la formazione di base delle argille.

I risultati ottenuti hanno confermato la stabilità complessiva del versante a meno dello strato superficiale alterato, che nel caso venga sovraccaricato dalla presenza del rilevato stradale, raggiunge coefficienti di sicurezza al di sotto del limite normativo.

Pertanto, oltre alle previste opere di regolarizzazione delle acque superficiali, è opportuna la previsione di un muro di sottoscarpa del rilevato con fondazioni indirette, sia per l'asse principale che per la secondaria, per evitare problemi di possibili cedimenti o smottamenti del piede dello stesso.

Tale muro va ubicato in continuazione del muro andatore della spalla B del viadotto "Santuzza 1" sul lato destro della carreggiata destra.

## Sez. E

### Zona III.4 – Arenella - Cozzo Garlatti

*Pendio su alveo con alluvioni del comprensorio Arenella-Salso*

La zona in oggetto è stata scelta per la verifica alla stabilità non tanto per la pendenza dei versanti che afferiscono al vallone arenella, che anzi degradano dolcemente verso l'alveo, ma per il fatto che l'area è segnalata come a rischio R3 idrogeologico.

Come si evince dallo stralcio planimetrico presentato nella pagina successiva, l'area a rischio R3 che interessa il nuovo tracciato viene attraversata su viadotto (VI14 – Arenella 3).

Per evitare problemi di erosione fluviale delle fondazioni delle pile sono state previste opere di difesa idraulica delle pile ricadenti in alveo, costituite da protezioni passive con scogliere di massi.

Con l'analisi eseguita si vuole qui verificare che la sponda destra, più vicina al viadotto della carreggiata destra, non abbia problemi di stabilità globale.

Nella planimetria è indicata la sezione verificata alla stabilità, scelta appunto in corrispondenza della maggiore vicinanza del pendio alla fondazione di una pila del viadotto, ed orientata secondo la massima pendenza del pendio stesso.

(Sondaggi eseguiti nell'area S.58, fase II , S.43 fase I)

Il pendio è caratterizzato da una successione stratigrafica costituita da uno strato superficiale di limo alterato, di spessore medio 3.00 m., posto al di sopra della formazione di base delle argille marnose tortoniane.

Il livello alluvionale indicato nella stratigrafia è presente solamente in alveo e non lungo lo sviluppo del pendio.

La caratterizzazione geotecnica del sito, ricavata dalle indagini geognostiche svolte, è la seguente:

(interpolazione parametri geotecnici:

- sondaggi S.43 fase 1, campioni S43C2,S43C3)
- sondaggi S.58 fase 2, campioni S58C1,S58C2,S58C3)

<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione e parametri geotecnici</i>
0.00 – 4.00	<b>ALG</b> – Alluvioni costituite da sabbia-limosa con inclusi lapidei $\gamma = 1.98 \text{ T/mc}$ $c' = 0.0 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 27^\circ$
4.00 – 7.00	<b>LA</b> - Limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro. $\gamma = 1.97 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.20 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 19^\circ$
6.00 – in prof.	<b>FB/AMT</b> - Formazione di base – Argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana $\gamma = 1.92 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.50 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 23^\circ$

#### **FALDA RINVENUTA A –4.00 DA P.C.**

Dai tabulati di calcolo, presentati per esteso in allegato D, si ricava che il versante preso in considerazione, nella sua conformazione attuale, risulta avere coefficienti di sicurezza alla stabilità globale sempre superiori a 2.50 e quindi molto maggiori del minimo normativo di 1.3.

Nelle pagine successive vengono presentati i grafici delle superfici di scivolamento più rappresentative individuate che hanno determinato i coefficienti di sicurezza più bassi per le situazioni analizzate.

La retta tangente per la schematizzazione della superficie di scivolamento è stata impostata al contatto tra la formazione superficiale limosa alterata e la formazione di base delle argille.

Si conclude che il versante non desta problemi di stabilità globale.

## 6) GALLERIE NATURALI

Le gallerie naturali, procedendo con direzione Sud – Nord, sono le seguenti:

1. galleria **Papazzo**, compresa fra le progressive (medie sulle due canne) Km 10+280 e Km. 11+023. La lunghezza dell'opera è di circa 743 m e la copertura in calotta di circa 35/40 m;
2. galleria **Caltanissetta**, compresa fra le progressive Km 17+433 e Km 16+922. La lunghezza dell'opera è di circa 4.022 e la copertura media in calotta di circa 90 – 110 m;
3. galleria **San Filippo**, compresa fra le progressive Km 12+900 e Km. 17+627. La lunghezza dell'opera è di circa 194 m e la copertura media in calotta di circa 20 m;
4. galleria **Cozzo Garlatti**, ubicata a fine intervento fra le progressive Km 25+830 e Km. 25+986. La lunghezza dell'opera è di circa 156 m e la copertura media in calotta di 10 - 25 m;

La caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dallo scavo delle gallerie è basata sui risultati della campagna geognostica apositamente redatta ed i cui contenuti sono esposti nei seguenti paragrafi.



## 6.1 Indagini geognostiche

Lo studio geologico e geotecnico delle opere in asse al tracciato è stato sviluppato coerentemente con la normativa vigente in materia (DM 11.03.88) e secondo quanto previsto dal Capitolato d'Oneri A.N.A.S.

La ricostruzione della successione e delle caratteristiche dei terreni presenti in corrispondenza dell'intero asse progettuale è stata effettuata secondo le seguenti fasi:

1. studio preliminare e bibliografico sulla documentazione disponibile, con elaborazione di una cartografia geologica preliminare e di massima;
2. definizione di un programma d'indagini geognostiche e geotecniche;
3. esecuzione di una prima fase geognostica mediante indagini dirette (sondaggi, prove penetrometriche) ed indirette (sismica a rifrazione). Durante i sondaggi sono state eseguite prove in sito (SPT, Vane Test, dilatometriche ecc) e prelievo di campioni su cui eseguire prove di laboratorio;
4. geointerpretazione e confronto delle foto aeree afferenti a diversi periodi;
5. rilevamento geolitologico e geomorfologico di dettaglio;
6. esecuzione di una seconda fase geognostica, analoga alla prima, mirata ad un infittimento delle indagini. In tale fase sono state indagate in particolar modo le aree che, sulla base delle informazioni disponibili, evidenziavano lacune interpretative;
7. sulla base dell'insieme dei dati disponibili è stata redatta la cartografia geologica, con profili longitudinali e trasversali in asse al tracciato ed in corrispondenza delle principali opere d'arte;

Con specifico riferimento alle gallerie naturali sono stati eseguiti numerosi sondaggi geognostici, interamente a carotaggio continuo, le cui caratteristiche essenziali vengono riassunte nella seguente tabella:

Galleria	Indagine	Fase	Profondità (m)	Stratigrafia
Papazzo	Sondaggio S18	I	30	0-7 m argille limose giallastre. 7-30 m argille limose grigie, consistenti, a tratti sabbiose
	Sondaggio S19	I	40	0-8 m Sabbie; 8-19,10 argille limose e sabbie limose; 19,1 - 40 m argille limose grige
	Sondaggio S20	I	40	0-17 m limi argillo sabbiosi e sabbie limose; 17 - 40 m argille limose grige.
	Sondaggio S14	II	40	0-7,4 m limi sabbiosi e sabbie con int. Quarzoarenitiche. 7,40 - 40 m argille limo sabbiose grige
	Sondaggio S44	II	50	0-17,5 m limi sabbiosi e sabbie con int. Quarzoarenitiche. 17,5 - 50 m argille limose di colore grigio
Caltanissetta	Sondaggio S25	I	130	0-26 m sabbie; 26-111 m marne argillose e argille marnose consistenti di colore grigio. 111 a 130 m come sopra ma a struttura scagliosa
	Sondaggio S26	I	80	0-8 m limo sabbioso; 8 - 80 m argilla limosa agrigio scuro consistente a struttura scagliosa.
	Sondaggio S27	I	130	0-20 m sabbie; 20-130 m marne argillose ed argille marnose di colore grigio consistenti.
	Sondaggio S28	I	50	0-14 m sabbie e limi sabbiosi giallastri; 14-50 m marne argillose ed argille marnose di colore grigio consistenti.
	Sondaggio S29	I	55	0-12 m limi argilloso sabbiosi di colore giallastro; 12-48 m marne argillose ed argille marnose di colore grigio consistenti; 48 a 55 m argilla limosa grigio scuro consistente a struttura scagliosa
	Sondaggio S49	II	25	0-2 m limo sabbioso giallastro; 2-17 m argilla limosa a tratti sabbiosa bruno giallastra consistente; 17-25 m argilla limosa consistente a struttura scagliosa.
	Sondaggio S50	II	140	0-30 m sabbie e argille limose; 30-83 m marna argillosa di colore grigio consistente; 83 a 140 m argilla limosa grigia consistente a struttura scagliosa;
	Sondaggio S51	II	130	0-24 m limo argilloso e argilla limosa con sabbia; 24-51 m argilla marnosa grigia consistente; 51 - 130 m argilla limosa di colore grigio consistente a struttura scagliosa.

	Sondaggio S52	II	80	0-8 m limo argilloso e argilla limosa con sabbia; 8-32 m argilla marnosa grigia consistente; 32-80 m argilla limosa di colore grigio consistente a struttura scagliosa.
	Sondaggio S53	II	30	0-2,50 m limo argilloso; 2,50 - 30 m argilla limosa di colore grigio, consistente, a struttura scagliosa.
San Filippo	Sondaggio S31	I	35	0-6,9 m limo argilloso sa 6,9-35 m argilla limosa grigia, consistente, tracce di gesso.
C.zzo Garlatti	Traverse sismiche SS08/SS09 Prelievo campioni distrurbati	II		Alternanze di sabbie, marne sabbiose, calciruditi e calcareniti

**Tabella 1. Elenco indagini in galleria**

Sono quindi disponibili, per lo studio delle gallerie, n° 16 sondaggi aventi profondità compresa fra un minimo di 25 m ed un massimo di 140 m, per complessivi 1.085 m di perforazione, oltre a n° 2 traverse sismiche a rifrazione lunghe 78 m ciascuna. Le informazioni fornite dai sondaggi sono integrate da prove in sito e da campioni rimaneggiati ed indisturbati, prelevati nel corso delle perforazioni, su cui sono state eseguite prove di caratterizzazione e classificazione geotecnica.

La planimetria delle indagini geognostiche allegata al progetto riporta l'ubicazione delle indagini geognostiche relative alle singole fasi.

## 6.2 Descrizione e caratterizzazione dei terreni

L'insieme dei rilievi di campagna e delle indagini geognostiche ha permesso di evidenziare come, in corrispondenza delle gallerie naturali, siano generalmente presenti terreni coesivi o pseudocoesivi riferibili ad argille marnose di colore grigio azzurro, localmente sabbiose e spesso fossilifere, attribuibili al Marnoso Arenaceo e databili al Pliocene medio superiore, o marne argillose ed argille marnose di colore grigio attribuibili alla Formazione dei Trubi e databili al Pliocene inferiore. Questi litotipi, nella caratterizzazione geotecnica relativa alle opere all'aperto, sono stati accorpati nella Formazione di Base (**FB**).

Solo localmente nella parte terminale del tracciato si riscontrano sabbie, calciruditi e calcareniti attribuibili alla Formazione Terravecchia e databili al Tortoniano.

Nel complesso si evince, pur in presenza di una certa variabilità dal punto di vista prettamente geologico, una certa omogeneità dal punto di vista litologico e geotecnico, con una netta predominanza di depositi marnosi e marnoso argillosi generalmente da consistenti a molto consistenti.

Per maggiori dettagli circa la descrizione dei singoli litotipi si rimanda alla Relazione Geologica allegata al progetto, mentre carte e profili geologici riportano, sulla base dei rilievi e sondaggi, la successione litologica e stratigrafica prevista in galleria.

La distribuzione dei litotipi in corrispondenza di ogni singola galleria può essere così brevemente riassunta:

- galleria Papazzo: argille del Marnoso Arenaceo;
- galleria Caltanissetta: argille marnose dei Trubi con limitatissimi lembi, sull'imbocco settentrionale, di argille del Marnoso Arenaceo;
- galleria S. Filippo: argille marnose dei Trubi;
- galleria Cozzo Garlatti: sabbie e calcareniti - Formazione Terravecchia.

Di seguito si descrivono brevemente i terreni riscontrati in sede d'indagine in corrispondenza delle gallerie, nonché i risultati delle prove in sito e di laboratorio sui campioni puntualmente prelevati. Sulla base dei dati disponibili verrà quindi proposta la classificazione e caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Disponendo di una buona mole di documentazione, e di una ampia variabilità statistica dei dati, le valutazioni sono state effettuate con specifico riferimento alle indagini geognostiche realizzate sulla verticale delle singole gallerie. Una nota di commento finale illustra eventuali correlazioni o similitudini fra materiali ritenuti diversi dal punto di vista geologico ma assimilabili dal punto di vista geotecnico.

### **GALLERIA PAPIAZZO GN01**

**Nome litotipo: Marnoso Arenaceo (Pliocene medio superiore):**

**Sigla litotipo in carta geologica:** Pam.

**Indagini eseguite:** Sondaggi S18 - S19 - S20 – S21 – S14 – S44, tutti ubicati sulla galleria **Papazzo**.

**Campioni analizzati:** n° 15 prelevati da profondità comprese fra 8 e 43,5 m da p.c.

**Litologia:** Argille e argille marnose di colore grigio chiaro del Pliocene superiore ricche in frammenti di gusci ed elementi lapidei millimetrici.

Il materiale si dimostra sempre piuttosto consistente; le prove con pocket penetrometer effettuate su carote prelevate nel corso dei sondaggi vanno a rifiuto o indicano valori compresi fra 3,5 – 4,5 Kg/cmq.

Le prove SPT eseguite durante le perforazioni vanno a rifiuto.

Una prova penetrometrica dinamica effettuata in prossimità del primo imbocco ha raggiunto condizioni di rifiuto già alla profondità di 4,4 m da p.c.

Il materiale esaminato e proveniente dalle perforazioni, coerentemente con la storia geologica del sedimento, si dimostra chiaramente sovraconsolidato con un valore di OCR (over consolidation ratio)  $\gg 1$ .

Permeabilità: bassa e valutabile in  $10^{-7}$  -  $10^{-8}$  cm/sec;

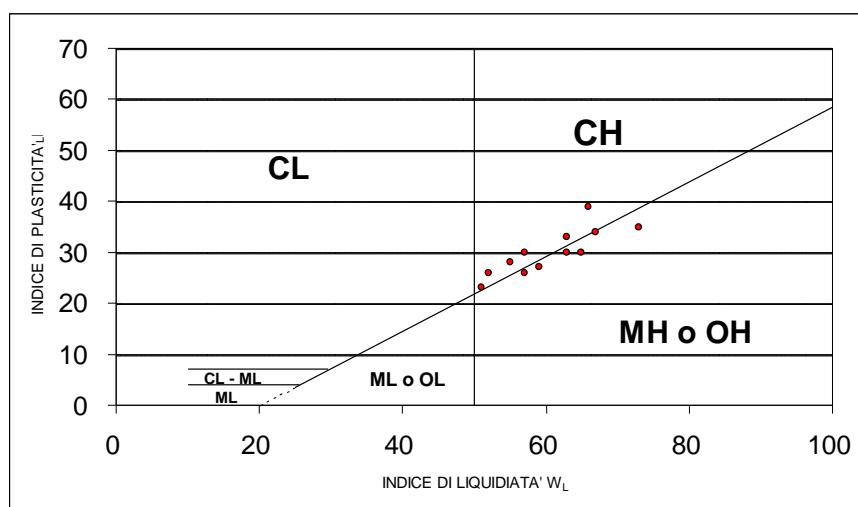
Granulometria: Il materiale è un'argilla limosa debolmente sabbiosa. Le analisi disponibili indicano una composizione e classazione granulometrica abbastanza costante con, mediamente, il 51% di argilla, 36% di limo e 13% di sabbia fine. Solo un campione ha evidenziato scostamenti sensibili rispetto alle media ed una composizione limoso argillosa debolmente sabbiosa.

Grandezze indice da prove di laboratorio: (valori medi):

Gs:	26 KN/mc
Gd:	16,0 KN/mc
$\gamma$ :	19,5 KN/mc
n:	0,38
e:	0,6
Sr	93%
W	22,7%
WI	60
Wp	31
Ip	29
Ic	1,24

Limiti di Atterberg e indice di consistenza sono, in tutti i campioni, caratterizzati da una variabilità molto modesta. Coerentemente con le indagini effettuate sulle opere all'aperto il contenuto d'acqua, costantemente inferiore al limite di plasticità, diminuisce con la profondità. L'indice di consistenza è elevato e compatibile con uno stato solido o semisolido; questo giustifica anche il fatto che le prove con penetrometro tascabile sono spesso andate a rifiuto.

Diagramma di plasticità USCS:



Il diagramma proposto evidenzia materiali posti nell'intorno della linea di demarcazione fra argille inorganiche ad alta plasticità (CH), limi inorganici ad alta compressibilità (MH) ed argille e limi organici (OH). In ogni caso tutti i campioni si trovano a destra della linea verticale di demarcazione relativa a  $W_L = 50$ .

#### Resistenza nelle condizioni di breve termine:

Si dispone di prove triassiali tipo UU, prove di compressione semplice e prove con pocket penetrometer effettuate nelle carote di sondaggio.

Sulla base dei dati disponibili i valori di compressione semplice si dimostrano variabili fra un minimo di 152 KPa ed un massimo di 635 KPa, con un valore medio di 330 KPa. La sensibile differenza fra valore minimo e massimo è imputabile alle caratteristiche dei campioni, talvolta soggetti ad un grado di disturbo non indifferente in fase di campionamento.

Le prove con pocket penetrometer confermano le grandezze sopra esposte essendo comprese fra 350 – 400 KPa, quando non fuori scala (>500 KPa).

Le prove triassiali tipo UU forniscono ordini di grandezza ottimamente compatibili con le prove di compressione semplice, e valori variabili fra un minimo di 137 ed un massimo di 370 KPa, con un valore medio di 230 KPa.

Si ritiene pertanto di poter assumere:

$$C_u = 250 - 300 \text{ KN/mq}$$

Prove in situ:

Durante la II° fase sono state condotte prove press iometriche in foro nel sondaggio S14 ed S44.

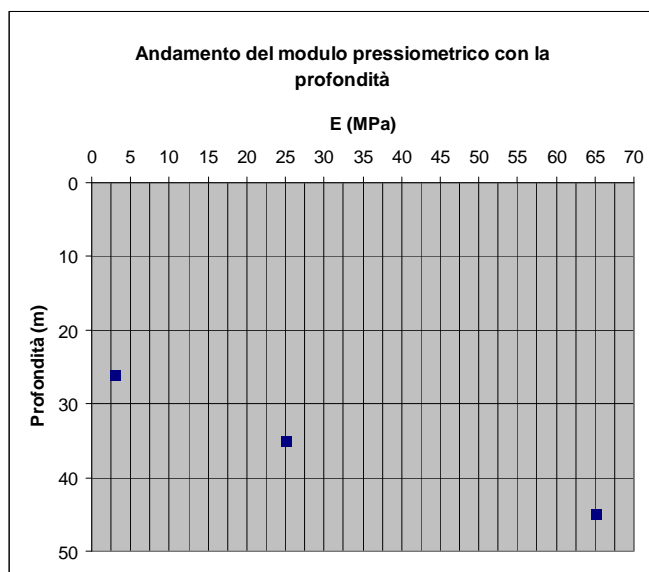
Alcune prove si dimostrano chiaramente non interpretabili; quelle prese in considerazione sono le seguenti:

Sondaggio	Profondità (m)
S 14	26
S 14	35
S 44	45

I valori della  $C_u$  ottenuti si dimostrano sensibilmente più elevati rispetto quelli ricavati dalle prove di laboratorio. Infatti i valori delle prove in sito sono normalmente compresi fra 2,5 – 10 MPa, (2.500 – 10.000 KPa) a fronte di massimi nell'ordine di circa 650 KPa per i campioni da laboratorio.

Per quanto attiene il modulo pressiometrico i valori ottenuti sono particolarmente dispersi, con risultati molto diversi anche se rilevati sullo stesso sondaggio ed a profondità moderatamente variabili (ad es. S 14: 3 MPa a 26 m di profondità e 25 MPa a 35 m di profondità). I dati ottenuti nelle singole prove sono illustrati nella figura seguente.





**Figura 1. Galleria Papazzo. Valore del modulo da prove pressometriche**

Nel complesso, non considerando la modesta attendibilità attribuita alla prova, il grafico segnala un progressivo e sensibile incremento del modulo pressometrico in funzione della profondità.

Resistenza nelle condizioni di lungo termine:

Si dispone di prove triassiali di tipo consolidato e drenato e prove di taglio diretto.

Le triassiali forniscono valori di  $C'$  variabili fra 37 e 17 KPa, con  $\Phi'$  rispettivamente variabile fra 24 e 19°.

Le più numerose prove di taglio diretto evidenziano valori di  $C'$  compresi fra 19 – 48 KPa, e di  $\Phi'$  compresi fra 20 – 27°.

Sulla base dei dati disponibili si ritiene di poter assumere:

$C'$  25 – 30 kPa;

$\Phi' = 24 - 27^\circ$

$\Phi_{res} = 25^\circ$

$C_{res} = 15 \text{ KPa}$

Deformabilità nelle condizioni di breve termine:

Il valore di  $E_u$  può essere ricavato tramite la correlazione di Viggiani (tabella 2).

OCR	Viggiani	$I_p < 0,3$	$0,3 < I_p < 0,5$	$I_p > 0,5$
<3	$E_u/C_u =$	800	400	200
3 - 5	$E_u/C_u =$	500	300	150
>5	$E_u/C_u =$	300	200	100

**Tabella 2. Viggiani. Valore del rapporto  $E_u/C_u$  in funzione di OCR ed  $I_p$**

Con  $I_p < 0,3$ ,  $OCR < 3$  ed i valori di  $C_u$  sopra descritti si ottiene :

$$E_u = 150 - 170 \text{ MPa}$$

Deformabilità nelle condizioni di lungo termine:

Si ritiene di poter dedurre il modulo di Young dal modulo edometrico attraverso la (1) ed ipotizzando un modulo di Poisson pari a  $\nu = 0,3$ .

$$(1) \quad E = \frac{(1 + \nu) * (1 - 2\nu) * E_d}{(1 - \nu)}$$

Le prove edometriche effettuate su campioni evidenziano valori di modulo in fase di carico variabili in funzione della profondità e compresi fra 25 – 30 MPa. Va evidenziato comunque come i risultati di tali prove siano spesso influenzati da un sensibile grado di disturbo subito dai campioni stessi, reso evidente da valori di OCR pari o inferiori all'unità e pertanto modesti in relazione alle caratteristiche ed alla storia geologica del materiale.

In ogni caso, con specifico riferimento alle gallerie, si potrà considerare nei calcoli il modulo edometrico in fase di scarico, più elevato del primo di un ordine di grandezza compreso fra 2 e 3 volte.

Per quanto esposto si ritiene pertanto di considerare un valore di:

$$E = 100 - 120 \text{ MPa.}$$

## **GALLERIA CALTANISSETTA GN02 e S.FILIPPO GN03**

### **Nome litotipo: Trubi (Pliocene inferiore)**

**Sigla litotipo in carta geologica:** Ptb 2 – AB<sub>4</sub>

**Indagini:** Sondaggi S25 – S26 – S27 – S28 – S29 – 49- S50 – S51 – S52 – S53 sulla **galleria Caltanissetta**, ed S 31 sulla galleria San Filippo.

**Campioni analizzati:** n° 25 prelevati da profondità comprese fra 5,60 e 130 m da p.c.

**Litologia:** La Formazione dei Trubi, peraltro piuttosto nota e diffusa in Sicilia, tipicamente è costituita da calcari marnosi o marne calcaree, termini a consistenza litoide e dalla tipica frattura concoide (sigla in carta Ptb1). Nell’area in studio, ed in particolare nel rilievo attraversato dalle gallerie Caltanissetta e San Filippo, i Trubi osservati nel corso delle perforazioni sono rappresentati da marne argillose e marne calcaree di colore grigio, ad elevata consistenza ma ancora classificabili nel campo delle “terre” (sigla Ptb2). Tali materiali derivano da una erosione e risedimentazione, in tempi geologici, dei Trubi della tipica facies litoide. Localmente alle marne si intercalano, in maniera irregolare, marne ed argille marnose analoghe alle precedenti ma con una tipica struttura a scaglie (sigla AB<sub>4</sub>) e derivanti, probabilmente, da fenomeni di “slumping” sinsedimentari avvenuti all’epoca della rideposizione del materiale.

In ogni caso si tratta di litotipi strutturalmente “complessi” e difficilmente caratterizzabili, che mostrano una spiccata variabilità di caratteristiche e facies senza che regole geologiche permettano di prevedere l’esatta successione.

Il materiale si dimostra sempre molto consistente, tanto che tutte le prove con pocket penetrometer forniscono valori fuori scala (> 5 Kg/cmq).

Il materiale esaminato e proveniente dalle perforazioni, coerentemente con la storia geologica del sedimento, si dimostra chiaramente sovraconsolidato con un valore di OCR (over consolidation ratio) >> 1.

Permeabilità: bassa e valutabile in  $10^{-8}$  -  $10^{-9}$  cm/sec; esiste una falda sospesa sui litotipi più francamente sabbiosi riscontrati a modesta profondità dal p.c. che comunque non interferisce con le opere in sotterraneo.

Granulometria: Il materiale è un'argilla limosa debolmente sabbiosa. Le analisi disponibili indicano una composizione e classazione granulometrica piuttosto costante con, mediamente, il 51% di argilla, il 36% di limo ed il 13% di sabbia. La composizione non varia in alcun modo nei campioni di argilla a struttura brecciata, confermando così la natura comune dei due materiali.

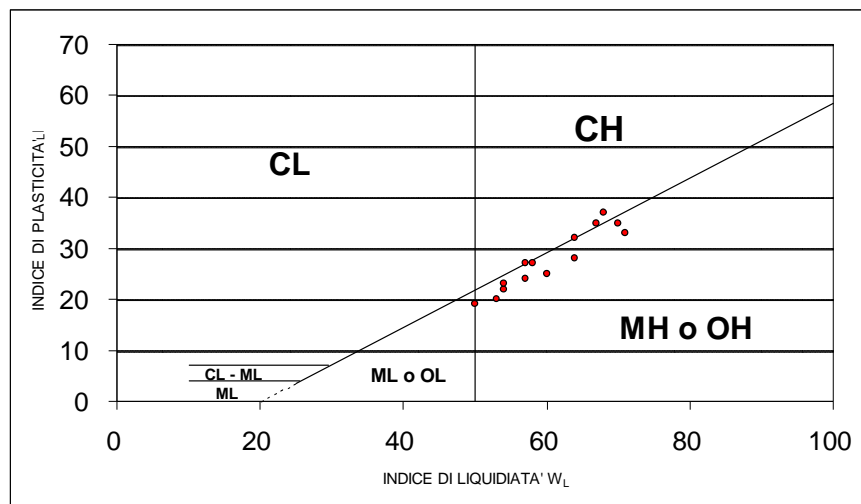
Grandezze indice da prove di laboratorio: (valori medi)

Gs:	26,8 KN/mc
Gd:	15,8 KN/mc
$\gamma$ :	19,3 KN/mc
n:	0,39
e:	0,62
Sr	93%
W	23%
WI	60
Wp	30
Ip	30
Ic	1,36

Limiti di Atterberg e le caratteristiche granulometriche sono sostanzialmente costanti in tutti i campioni. Sia la granulometria che le proprietà indice non evidenziano variazioni apprezzabili e significative con la profondità. L'indice di consistenza è sempre elevato, indice di uno stato solido o semisolido che giustifica l'impossibilità di effettuare prove con penetrometro tascabile. Il contenuto naturale d'acqua, sempre inferiore al limite di plasticità, mostra una tendenza alla diminuzione con la profondità.

Alcune differenze sono osservabili invece fra i campioni prelevati sulla galleria Caltanissetta e sulla Galleria San Filippo; quest’ultimi infatti hanno contenuto d’acqua sempre inferiore (16,5 % contro 23%) e grado di consistenza marcatamente più elevato (1,7 contro 1,36).

Diagramma di plasticità di USCS



Il diagramma sottolinea la presenza di materiali classificati nell’intorno della linea di demarcazione fra le argille inorganiche ad alta plasticità (CH), limi inorganici ad alta compressibilità (MH) ed argille e limi organici (OH). In ogni caso tutti i campioni si trovano a destra della linea verticale di demarcazione relativa a  $W_L=50$ .

#### Resistenza nelle condizioni di breve termine:

Si dispone di prove triassiali UU, prove di compressione semplice e prove con poket penetrometer (quest’ultime sempre fuori scala).

Le prove triassiali sono fra loro coerenti con valori di  $C_u$  variabili fra 216 – 495 KPa per campioni prelevati rispettivamente a 70 e 120 m.

I valori ottenuti dalle prove di compressione semplice su campioni prelevati in corrispondenza della galleria Caltanissetta sono, in proporzione alle prove triassiali, più bassi e variabili fra 195 – 527 KPa per campioni prelevati rispettivamente a 5 e 45 m di profondità. I risultati delle stesse prove sui campioni prelevati in corrispondenza della galleria San Filippo, provenienti da campioni prelevati a profondità comprese fra

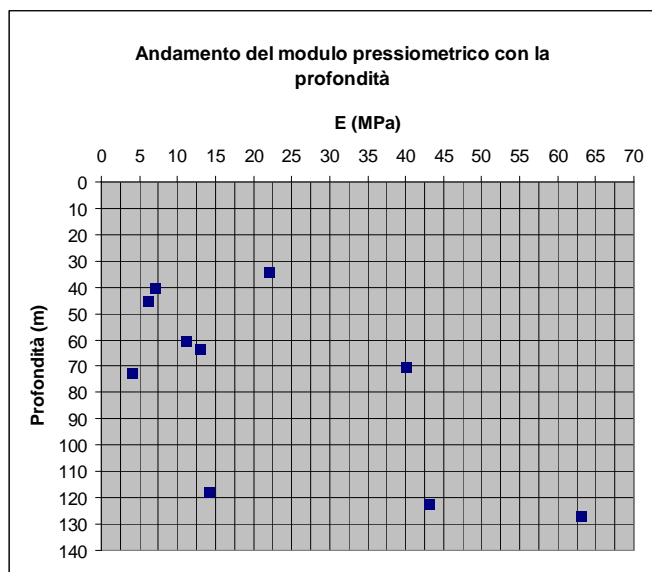
25 – 30 m, sono invece compatibili con i sopraesposti valori dedotti dalle triassiali UU e risultano compresi fra 933 e 1321 KPa. Per quanto esposto si ritiene di poter assumere cautelativamente:  $C_u = 250 - 350$  kN/mq in funzione della profondità.

#### Prove in situ:

Durante la I e II° fase sono state condotte prove pressiometriche in foro in corrispondenza di numerosi sondaggi.

Diverse sono le prove evidentemente non riuscite o comunque non interpretabili. In tutti i casi i valori della  $C_u$  risultano sempre sensibilmente più elevati rispetto quelli ottenuti dalle prove di laboratorio. Infatti i valori delle prove in situ sono normalmente compresi fra 5 – 10 MPa, (5.000 – 10.000 KPa) a fronte di valori massimi di 500 KPa nei campioni .

Per quanto attiene il modulo pressiometrico i valori si dimostrano particolarmente dispersi, con grandezze significativamente variabili sullo stesso sondaggio ed a profondità moderatamente variabili (ad es. S25: 14 MPa a 117 m di profondità e 63 MPa a 127 m di profondità). L'andamento del valore del modulo pressiometrico con la profondità viene illustrato nella figura seguente.



**Figura 2. Galleria Caltanissetta. Valore del modulo da prove pressiometriche**

Le prove prese in considerazione nel grafico sono le seguenti:

Sondaggio	Profondità (m)	Modulo pressiometrico (MPa)
S 25	117,5	14
S 25	127	63
S 26	63,5	13
S 26	72,5	4
S 29	34	22
S 29	40	7
S20	45	6
S50	122	43
S52	60	11
S52	70	40
S52	60	11
S52	70	40

Nel complesso la prova si dimostra scarsamente attendibile, probabilmente per effetto delle elevate profondità di esecuzione, di scavamenti del foro, della non perfetta calibratura dello stesso ecc.

#### Resistenza nelle condizioni di lungo termine:

Si dispone di prove triassiali e di taglio diretto effettuate su campioni prelevati a diverse profondità.

Le prove triassiali evidenziano valori di  $C'$  variabili fra 34 e 24 KPa, con  $\Phi'$  variabile rispettivamente fra 22 e 19°.

Le prove di taglio diretto evidenziano valori di  $C'$  variabili fra 24 e 44 KPa, con  $\Phi'$  generalmente compreso fra 20 – 24°.

E' interessante osservare che non vi sono variazioni apprezzabili nei valori di resistenza relativi ai materiali delle due litofacies (struttura normale e brecciata). Sulla base dei dati disponibili si ritiene di poter assumere:

$$C' = 20 - 30 \text{ kPa}$$

$$C \text{ res} = 10 - 15 \text{ KPa}$$

$$\Phi' = 22 - 24^\circ$$

$$\Phi \text{ res} = 18 - 23^\circ$$

I valori elencati sono sostanzialmente analoghi a quelli proposti per le argille del Marnoso Arenaceo.

Deformabilità nelle condizioni di breve termine:

Il valore di  $E_u$  può essere ricavato empiricamente tramite la correlazione di Viaggiani, nota la  $C_u$ . Assumendo  $OCR < 3$  ed  $I_p = 0,3$  si ritiene di poter adottare:

$E_u = 130 - 180$  MPa per profondità sino a 70 m da p.c.

$E_u = 180 - 280$  MPa per profondità  $> 70$  m

Deformabilità nelle condizioni di lungo termine:

Analogamente al caso precedente è possibile dedurre il modulo di Young attraverso la (1):

$$(1) \quad E = \frac{(1 + \nu) * (1 - 2\nu) * E_d}{(1 - \nu)}$$

Le prove edometriche effettuate su campioni evidenziano valori di modulo in fase di carico variabili in funzione della profondità e compresi fra 30–60 MPa. Va evidenziato comunque come i risultati di tali prove siano spesso influenzati da un sensibile grado di disturbo subito dai campioni, reso evidente da valori di OCR pari o inferiori all'unità e considerati modesti in relazione alle caratteristiche ed alla storia geologica del materiale.

In ogni caso, con specifico riferimento alle gallerie, si ritiene di poter fare riferimento al modulo edometrico in fase di scarico, più elevato del primo di un ordine di grandezza compreso fra 2 e 3 volte.

Per quanto esposto si potrà considerare:

$E = 75 - 130$  MPa per profondità sino a 70 m da p.c.

$E = 130 - 230$  MPa per profondità  $> 70$  m



## **GALLERIA COZZO GARLATTI GN04**

**Nome litotipo: Formazione Terravecchia (Tortoniano)**

**Sigla litotipo in carta geologica: Ms - Mcr**

**Indagini:** Traverse sismiche SS08 – SS09. – prove di compressione semplice su campioni disturbati prelevati in superficie.

**Litologia:** Calciruditi e calcareniti ben stratificate in alternanza con sabbie e marne sabbiose disposte a lenti. Il deposito, osservabile in affioramento, ha caratteristiche lapidee e grado di cementazione molto variabile.

Il tracciato della galleria Cozzo Garlatti, in corrispondenza della quale affiora il materiale in argomento, è scarsamente accessibile e non ha permesso l'esecuzione di alcuna indagine diretta, a parte il prelievo di alcuni campioni di calcarenite da asottoporre a prova di schiacciamento. Attraverso i rilievi geologici e tecnici di campagna si è comunque presa visione degli affioramenti, peraltro diffusi e ritenuti ampiamente rappresentativi. La facies calcarenitica della roccia è la più evidente e ad essa possono essere attribuiti valori di resistenza discreti. La facies sabbiosa ha grado di cementazione molto variabile.

Le velocità delle onde sismiche, tolto un livello superficiale alterato e detensionato di spessore massimo pari a 7 m, sono comprese fra 2.000 -2.700 m/sec, indice di un materiale aventi discrete caratteristiche elastiche.

La caratterizzazione è stata proposta avvalendosi del criterio di Hoek & Brown ed utilizzando i seguenti dati di input:

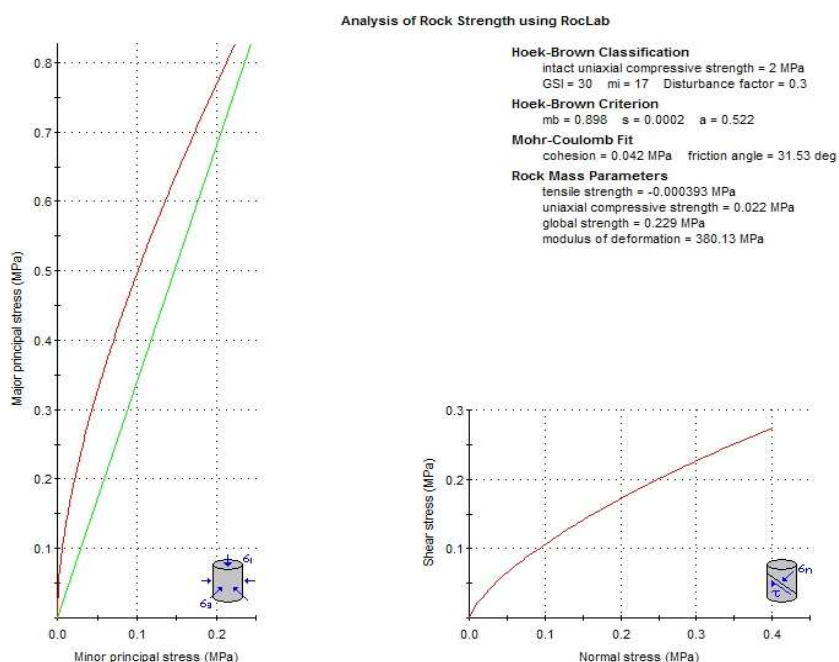
- |  |       |
|--|-------|
| – Resistenza a compressione del materiale. | 2 MPa |
| – GSI                                      | 30    |
| – mi                                       | 17    |

Considerando un parametro D (che tiene conto del grado di disturbo imposto dallo scavo) pari a 0,3 si ottengono i seguenti parametri di picco:

- mb 0,898
- s 0,0002
- a 0,522

Applicando il criterio di Mohr Coulomb equivalente si ottiene:

- C 40 KPa
- $\Phi$  32°
- E 380 MPa



**Figura 3. Caratterizzazione del litotipo Ms - Mcr con il criterio di Hoek & Brown**

**Risultati prove di compressione semplice sui campioni prelevati:**

PV1=26.41 KN/mc

PV2=26.03 KN/mc

Resistenza a compr. 11165 KN/mq

Resistenza a compr. 12798 KN/mq

### 6.3 Commento ai risultati delle analisi geotecniche.

Coerentemente con la caratterizzazione dei terreni per le opere all'aperto le elaborazioni evidenziano una significativa omogeneità litologica e geotecnica fra i materiali riferibili alle marne argillose del Marnoso Arenaceo (età Pliocene medio sup, sigla Pam) ed alle argille marnose dei Trubi (età Pliocene inferiore, sigla Ptb2 – AB<sub>4</sub>).

La prima corrispondenza si ha a livello granulometrico con la presenza, in tutti i casi, di argille marnose debolmente sabbiose. Le percentuali delle varie componenti sono sostanzialmente analoghe con il 55% di argilla, il 33-35% di limo ed il 10-12% di sabbia. In tutti i casi i materiali nella Carta di Plasticità sono classificabili come CH-MH, ovvero argille e limi ad alta plasticità. Anche i limiti di Atterberg sono ampiamente correlabili con valori di WI 60 – 60%, Wp 31 – 30%; Ip 29 – 30.

Le differenze più apprezzabili si hanno nell'indice di consistenza, che aumenta all'aumentare dell'età del deposito con valori medi di 1,2 per le argille del Pliocene superiore ed 1,4 – 1,7 per le argille del Pliocene inferiore. Stesso discorso per il contenuto n. d'acqua, con valori medi del 22% nel primo caso, 20 - 16,5% nel terzo.

Da un'analisi macroscopica condotta sulle carote la distinzione fra i materiali non risulta particolarmente agevole e semplice; oltre a diverse sfumature nel colore del grigio le argille del Pliocene superiore (Pam) carotate in asse alle gallerie si distinguono per una significativa presenza di frammenti di conchiglie.

Anche le caratteristiche di resistenza dei due litotipi sono molto simili e, indipendentemente dalla profondità, ampiamente comparabili con quelle delle opere all'esterno.

Un discorso a parte riguarda la scelta dei moduli di deformabilità adottati. Per le opere in sotterraneo si è voluto dedurre tale parametro dal modulo edometrico in fase di scarico, che risulta almeno 2/3 volte maggiore rispetto a quello in fase di carico. In ogni caso le prove edometriche evidenziano sovente un sensibile grado di disturbo del campione da cui derivano caratteristiche probabilmente intermedie fra quelle di picco e residue. I valori di modulo forniti risultano in linea con quelli ricavati da back analysis su gallerie già eseguite nei medesimi terreni in Sicilia. Si tratta inoltre di valori chesi dimostrano coerenti con il materiale visionato nel corso dei sondaggi e che, pur essendo classificabile ancora come una terra, rientra probabilmente al margine del campo relativo alle rocce tenere o alle “weak rocks”.

## 7) SISMICITA' DELL'AREA

In questo paragrafo viene trattata l'interazione dinamica suolo – struttura relativa al dimensionamento geotecnico delle fondazioni delle opere d'arte, in modo da stabilire e determinare il coefficiente di fondazione da assegnare per le opere d'arte da realizzare in zone classificate come sismiche.

Innanzitutto vengono richiamate le considerazioni, desunte dallo studio geologico, in ordine alla macrozonizzazione sismica del territorio interessato dal progetto di costruzione del raddoppio della S.S. 640 ed alla pericolosità sismica del territorio, intesa come la probabilità statistica che si verifichi un evento sismico e la conseguente pericolosità indotta, legata a fattori locali geologici e geomorfologici che possono amplificare o attenuare le vibrazioni sismiche.

### *Normativa di riferimento*

Alla base dello studio è posta la normativa vigente (Ordinanza Presidente del Consiglio n° 3274 del 20/03/2003 pubblicata nella G.U. n. 105 8/5/2003 recepita dalla Regione Sicilia con delibera di Giunta regionale n° 408 del 19/12/2003 e successivo decreto del Dipartimento Regionale Protezione Civile del 15 gennaio 2004 - G.U.R.S. n° del 13/02/2004) in tema di classificazione sismica del territorio, che ha suddiviso il territorio nazionale in quattro zone a seconda della probabilità ed intensità dell'evento sismico (riferita ai valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ ).

La nuova classificazione è articolata in quattro zone, le prime tre corrispondono, dal punto di vista della relazione con gli adempimenti previsti dalla Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974 e dei successivi decreti ministeriali, alle zone di sismicità alta ( $S=12$ ), media ( $S=9$ ) e bassa ( $S=6$ ), mentre la zona 4 è di nuova introduzione ed è data facoltà alle regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

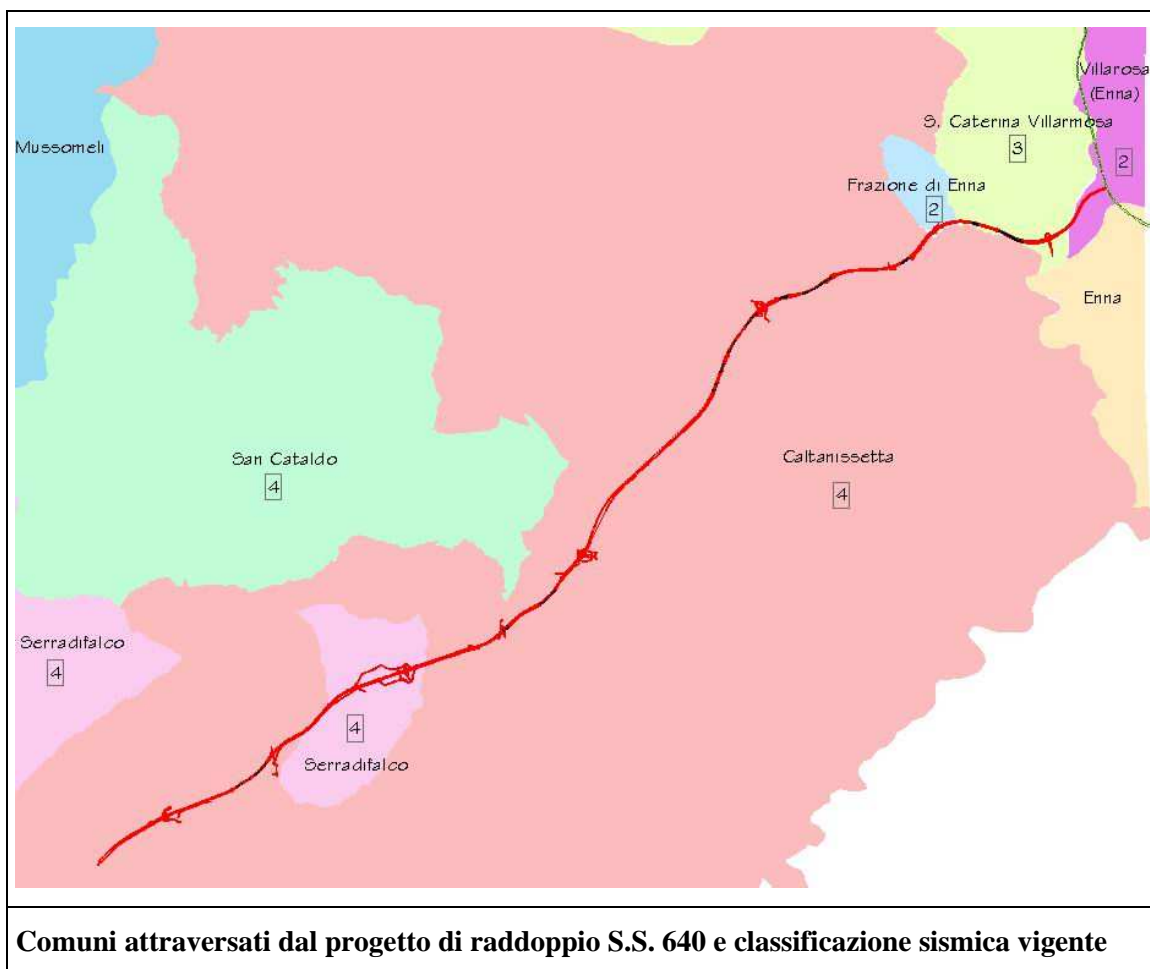
<b>Classificazione</b> L. 64 del 2/2/74	<b>Classificazione 2003</b> Ord. P.C. n°3274 del 20/3/03
Sismicità alta S =12	1
Sismicità media S =9	2
Sismicità bassa S =6	3
N.C.	4

La nuova normativa, oltre a prevedere i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la loro classificazione, detta specifiche norme tecniche a seconda della tipologia costruttiva da realizzare o adeguare.

L'introduzione della nuova classificazione comporta per il territorio siciliano, oltre alla scomparsa delle zone *non classificate* che divengono di 4° livello (con facoltà della Regione di applicare eventuali norme tecniche specifiche), un complessivo aumento delle zone sismiche di 1° livello che passano da 18 Comuni a 36, tutte ristrette nel settore della Valle del Belice (Trapani) e in Provincia di Messina.

I Comuni attraversati dal progetto di raddoppio della S.S. 640, ricadono in aree che hanno classe sismica compresa tra 2 e 4. (vedi tabella).

<b>Comune</b>	<b>Progressive</b> <b>Tratto di progetto</b>	<b>Classificazione</b> <b>L. 64 del 2/2/74</b>	<b>Classificazione 2003</b> Ord. P.C. n°3274 del 20/3/03
<b>CALTANISSETTA</b>	0 – 5.100	N.C.	4
<b>SERRADIFALCO</b>	5.100 – 8.250	N.C.	4
<b>CALTANISSETTA</b>	8.250 – 23.462	N.C.	4
<b>ENNA</b>	23.462 – 24.250	S=9	2
<b>S.CATERINA V.(CL)</b>	24.250 – 26.850	S=9	2
<b>VILLAROSA(EN)</b>	26.850 – 28.080	S=9	2



### *Analisi della pericolosità sismica indotta*

La conoscenza dell'assetto tettonico e geomorfologico dell'area in studio, integrata da considerazioni di carattere sismico ha consentito di valutare la pericolosità sismica indotta dell'area in studio.

Questa dipende da fattori locali geologici sia delle formazioni superficiali che del substrato profondo, che possono amplificare o ridurre le vibrazioni sismiche ed innescare situazioni di precario equilibrio geomorfologico.

Nello specifico del progetto in esame le più importanti situazioni geomorfologiche che possono condizionare la pericolosità sismica indotta sono:

- elevata acclività e degradazione per erosione dei versanti
- cavità sotterranee

### Acclività dei versanti e versanti in degradazione

A parità di altre variabili (litologia, umidità, grado di fratturazione, ecc.), i versanti con maggiore acclività assumono condizioni di crescente instabilità in concomitanza con terremoti o sciame sismici che favoriscono e/o possono attivare fenomeni franosi.

L'area in studio è caratterizzata da un assetto morfologico prevalentemente collinare con morfologie e pendenze in genere non suscettibili di pericolosità sismica.

Le uniche situazioni segnalate ed oggetto di specifica attenzione progettuale, sono i seguenti settori:

- *Contrade Grotta d'Acqua e Capo d'Acqua*, dalla cui porzione sommitale della dorsale calcareo-gessosa sono possibili crolli e distacchi, ma osservando le traiettorie dei blocchi già distaccati, queste non sono tali da interferire con il tracciato previsto.
- *Contrada San Filippo*, in prossimità dei viadotti San Filippo e Busita, dove i pendii argillosi sono interessati da diffusi fenomeni di colamento superficiale, creep e calanchi, che testimoniano una condizione di generale instabilità. Anche in questo caso la soluzione adottata, del viadotto con pile spinte oltre i 25 metri dal piano di campagna, consente di superare il rischio sismico legato a possibili soliflussioni superficiali.

### Cavità sotterranee

Spesso i terremoti provocano la riattivazione di avvenimenti franosi verificatisi in passato o il cedimento di volte di cavità sotterranee.

L'area in oggetto è caratterizzata dalla successione evaporitica con presenza di formazioni calcareo-gessose, potenzialmente soggette a fenomeni di dissoluzione carsica con formazioni di cavità sotterranee più o meno continue.

Nei settori dove sono presenti i maggiori spessori delle formazioni calcaree e gessose sono stati eseguiti delle specifiche indagini conoscitive, che hanno evidenziato l'assenza di cavità e discontinuità significative per l'orizzonte investigato.

Tale situazione porta ovviamente a minimizzare anche tutti i rischi legati ad un evento sismico nel settore di intervento.

*interazione suolo struttura – risposta sismica*

Nel caso di evento sismico, l'energia che si sprigiona da una sorgente sismica possiede all'origine uno spettro di frequenza assai vario e non determinabile “a priori”, che dipende essenzialmente dai meccanismi focali.

La propagazione di questa energia attraverso il mezzo geologico, che può essere considerato alla stregua di un trasduttore, determina spesso una modificazione dello spettro proprio della sorgente, mediante effetti selettivi che tendono ad amplificare alcune frequenze ed assorbirne altre.

Tale “effetto filtro” assume particolare importanza se riferito agli strati più superficiali che vengono a diretto contatto con le opere di fondazione e/o sono interessati dalla trasmissione dei carichi esercitati dalle strutture stesse.

La valutazione delle locali caratteristiche litologiche e fisico-meccaniche dei terreni di fondazione assume quindi un fondamentale rilievo nell'analisi delle possibili sollecitazioni indotte nella struttura.

Terreni caratterizzati da coesione bassa o nulla tendono a selezionare le frequenze di oscillazione del suolo verso i valori più bassi dello spettro che, essendo prossimi ai periodi propri di oscillazione delle strutture, possono produrre quei temuti effetti di risonanza che sono spesso causa del collasso delle strutture.

È peraltro da considerare che gli stessi terreni a coesione bassa o nulla presentano il vantaggio di assorbire parzialmente le oscillazioni di taglio, che risulteranno quindi più contenute al piede dell'opera.

Al fine di poter meglio valutare l'entità delle sollecitazioni trasmesse alla struttura nelle condizioni di sisma, ricordiamo, qui di seguito, che i parametri che concorrono alla scelta del valore dei “coefficienti di progetto” (K1).

$$K1 = Cs \times R \times Cf;$$

dove:



Cs = coefficiente sismico dipendente dalla sismicità dell'area in base alla normativa vigente;

R = coefficiente di risposta delle strutture che assume i seguenti lavori;

per  $T \leq 0,8$   $R = 1,00$ ;

per  $T > 0,8$   $R = 0.862/T^{(2/3)}$ ;

dove: T, rappresenta il periodo proprio di oscillazione della struttura,

Cf ( ovvero  $\varepsilon$  ) = coefficiente di fondazione

### DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI FONDAZIONE

Il coefficiente di fondazione  $\varepsilon$  può essere espresso come segue.

$$Cf(\varepsilon) = Cf1 \times a1 \times a2$$

Cf1- dipendente dalla coesione ed agente sugli spettri di frequenza;

a1 - legato alle condizioni di acclività del versante;

a2 - esprime la capacità del terreno ad assorbire le onde di taglio, che risulteranno più contenute al piede delle "opere".

Sulla base delle considerazioni di cui sopra il coefficiente di fondazione Cf dipende da spessore e natura del tipo di terreno che interagisce con le fondazioni.

La normativa italiana cui si è fatto riferimento per i dimensionamenti strutturali delle opere d'arte, costituita dal DM del 24/01/86 e successivi aggiornamenti, propone di regola  $\varepsilon=1$  con aumento per terreni particolarmente compressibili che può raggiungere il valore  $\varepsilon= 1,3$  con elevata compressibilità.

Per stabilire il valore più appropriato da assegnare ad  $\varepsilon$  nel caso in oggetto vengono analizzati i tre coefficienti che concorrono a determinarne il valore.

## Valutazione di Cf1

Nelle varie normative sismiche il fattore rappresentativo del terreno assume grande rilievo per la valutazione del coefficiente sismico, di cui esso è un moltiplicatore, essendo, per l'interazione dinamica terreno – struttura, decisive le caratteristiche locali del terreno.

Tale fattore, che esprime in definitiva l'amplificazione dell'accelerazione del terreno, è notevolmente disperso dipendendo da varie cause difficilmente valutabili, quali la distanza dall'epicentro ed il tipo di sisma e dipende dal periodo proprio della costruzione rapportato al periodo dominante del moto del terreno.

Si prendono in considerazione i seguenti quattro tipi di terreno, che corrispondono alla classificazione indicata nella nuova ordinanza 3274/2003:

### **Tipo A) Roccia lapidea:**

(Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.)

### **Tipo B) Deposito incoerente molto addensato (sabbia, ghiaia, argilla), spessore < 50 m:**

(Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s, ovvero  $Cu > 250$  kpa)

### **Tipo C) Deposito incoerente o argilla dura per spessore > 50 m:**

(Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s, ovvero  $70 < Cu < 250$  kpa)

**Tipo D** Deposito di sabbia e argilla di consistenza medio-soffice, spess.>10 m:

(Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 180$  m/s, ovvero  $15 < C_u < 70$  kpa)

Per questi quattro tipi di terreno vengono proposti i seguenti fattori di fondazione:

Tipo A       $C_{f1} = 1,0$ ;

Tipo B       $C_{f1} = 1,0$ ;

Tipo C       $C_{f2} = 1,2$ ;

Tipo D       $C_{f3} = 1,5$ .

Nel caso in oggetto le fondazioni indirette delle opere d'arte principali interessano banchi costituiti da terreni prevalentemente coesivi di notevole potenza, non particolarmente compressibili, corrispondenti al terreno tipo C.

Viene quindi suggerito nel caso in questione, data anche l'importanza delle opere d'arte, di considerare  $C_{f1} = 1.2$

## Valutazioni di a1 e a2

Il coefficiente Cf, può essere corretto per tenere conto della situazione morfologica del terreno, in modo da considerare il rischio che si corre costruendo su pendii di terreno penalizzando, per l'inclinazione massima consentita di 20°, il coefficiente di terreno con un fattore di pendio  $a_1 = 1,3$ . È contemplata l'interpolazione lineare per pendii da 0 a 20°. Tale limitazione vale in particolare per i dossi ove l'effetto sismico risulta notevolmente amplificato.

Viene per contro consentito di tenere conto dell'effetto benefico dell'interazione terreno-struttura operando una riduzione della forza di taglio, indotta dal sisma al piede dell'opera, variabile dal 0 al 30%, tramite il coefficiente a2 che può quindi assumere valori variabili da 0.7 a 0.85.

Nel caso in questione ai due coefficienti a1 ed a2 viene assegnato il valore 1.00.

Ricapitolando, il valore di  $\epsilon$  proposto per le fondazioni delle opere d'arte assume il valore:

$$\epsilon = 1,2 * 1.00 * 1.00 = \mathbf{1,2}$$

Il coefficiente di progetto a meno del parametro R, la cui valutazione è di competenza del calcolista, risulterà pertanto così espresso:

$$K1 = Cs \times R \times 1.20$$

## **8) CONCLUSIONI**

Nella presente relazione è stato portato a compimento lo studio geotecnico relativo al progetto definitivo di raddoppio della SS640, sviluppato nel rispetto del D.M. 11/03/88 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturale e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”* e del Capitolato d’oneri A.N.A.S. *“Norme tecniche per la redazione del progetto definitivo”*.

A supporto dello studio è stato elaborato un dettagliato programma di indagini geognostiche, sviluppato in due fasi distinte.

Durante la prima fase progettuale è stata programmata una prima parte della campagna di indagini, finalizzata alla ricostruzione litostratigrafica generale lungo lo sviluppo del tracciato, per verificarne l’impatto con l’assetto geomorfologico dell’area.

La seconda parte del programma di indagini, elaborata nel corso della progettazione, ha previsto, una volta definita l’esatta geometria del tracciato definitivo, un mirato infittimento dei sondaggi per la definizione di dettaglio delle stratigrafie e dei parametri geotecnici dei litotipi, finalizzata al dimensionamento di tutti i manufatti interagenti con il terreno.

Le indagini geognostiche eseguite sono state integrate dai risultati della campagna geognostica effettuata dall’ANAS nel 1988, in fase di redazione del progetto preliminare.

Gli obiettivi che si sono portati a compimento nella prima parte dello studio geotecnico sono stati i seguenti:

- *descrizione delle indagini di campagna e delle analisi di laboratorio eseguite ed esposizione dei risultati delle indagini di campagna e delle analisi di laboratorio, parte prima;*
- *suddivisione dei litotipi già descritti nella relazione geologica in litotipi caratterizzati da omogeneità dei risultati delle indagini ed analisi;*

- *attribuzione parametri geotecnici ai vari litotipi ed esposizione della metodologia seguita per tale attribuzione;*
- *definizione del comportamento meccanico del volume di terreno influenzato dalla costruzione dell'infrastruttura;*
- *localizzazione delle falde acquifere;*

Nella seconda parte dello studio geotecnico è stato affrontato il dimensionamento e la verifica, dal punto di vista geotecnico, di tutti i manufatti principali previsti in progetto ed interagenti con il terreno, sviluppando i seguenti obiettivi:

- *descrizione sintetica delle indagini di campagna e delle analisi di laboratorio eseguite ed esposizione sintetica dei risultati delle indagini di campagna e delle analisi di laboratorio, parte seconda;*
- *individuazione e verifica delle tipologie delle fondazioni delle opere d'arte;*
- *individuazione e verifica delle tipologie delle opere di sostegno degli scavi a cielo aperto e dei metodi di scavo;*
- *individuazione e verifica delle pendenze da attribuire agli scavi in trincea ed ai rilevati), (verifica della compatibilità dei cedimenti del corpo stradale;*
- *individuazione delle tratte da bonificare, in trincea e rilevato, con gli spessori di terreno superficiale da sostituire;*
- *descrizione delle caratteristiche geotecniche dei materiali da costruzione;*
- *esecuzione di verifiche di stabilità globale dei pendii naturali in particolari punti del tracciato;*
- *verifica dell'interazione dinamica suolo – struttura relativa al dimensionamento geotecnico delle fondazioni delle opere d'arte, per determinare il coefficiente di fondazione da assegnare per le opere d'arte in zone classificate come sismiche.*

In particolare sono stati effettuati i seguenti dimensionamenti geotecnici:

### Opere di contenimento di scavi e rilevati.

Queste sono state dimensionate in funzione della conformazione e natura del terreno di fondazione e della geomorfologia dell'area, della presenza di immobili in prossimità dell'opera e dei volumi di scavo o di rilevato interessati.

Le opere di controripa sono state dimensionate e verificate come muri in c.a. o come paratie, in funzione dell'altezza e della possibilità di effettuare lo scavo a tergo.

Le opere di sottoscarpa sono state dimensionate e verificate come muri in c.a. o come o terre armate, in funzione dell'altezza del rilevato da realizzare e della geomorfologia locale.

### Rilevati e trincee

E' stata eseguita la verifica di stabilità delle scarpate di rilevati e trincee per stabilire la pendenza da attribuire e sono stati individuati i tratti esistenti di riutilizzo sia di rilevato che di trincea da sottoporre a bonifica.

Per quanto riguarda i rilevati, è stata inoltre verificata la compatibilità dei cedimenti e sono stati individuati gli accorgimenti atti al contenimento dei cedimenti ritenuti incompatibili.

### Dimensionamento fondazioni opere d'arte

E' stato eseguito il dimensionamento fondale delle opere d'arte principali, basato sulle stratigrafie di calcolo e sul corrispondente profilo geotecnico di dettaglio su base geologica, ricostruito appositamente per ciascuna opera d'arte in base ai risultati delle analisi di laboratorio ed alle stratigrafie dei sondaggi effettuati.