

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**GEOTECNICA**

**RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE – VIABILITÀ CAMPOMARINO**

SCALA:

-

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

L I 0 2    0 2    D    7 8    R B    G E 0 0 0 5    0 0 2    B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	L. Infante	11/2018	A. Forcina	11/2018	B.M. Bianchi	11/2018	D. Tiberti 05/2016
B	Revisione	L. Infante	05/2019	A. Forcina C. Toraldo	05/2019	B.M. Bianchi	05/2019	D. Tiberti 05/2016

File: LI0202D78RBGE00050002B.doc

n. Elab.:

**ITALFERR S.p.A.**  
Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Dario Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 14879

## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
3	INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE.....	9
3.1	CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL 2017 .....	9
3.1.1	<i>Misure piezometriche</i> .....	11
3.1.2	<i>Indagini sismiche</i> .....	11
3.1.3	<i>Prove di permeabilità</i> .....	11
3.1.4	<i>Prove di laboratorio</i> .....	12
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	14
4.1	DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE .....	14
4.2	CRITERI DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE .....	15
4.2.1	<i>Depositi incoerenti</i> .....	15
4.2.2	<i>Depositi coesivi</i> .....	21
4.3	TERRENO VEGETALE – UNITÀ Rv .....	25
4.4	COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI – UNITÀ B2 .....	25
4.5	DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI – UNITÀ BA3 (ARGILLA LIMOSA E LIMO ARGILLOSO).....	26
4.6	CONGLOMERATI DI CAMPOMARINO – UNITÀ CGC2 (ARGILLA LIMOSA E LIMO ARGILLOSO) .....	27
4.7	SABBIE DI SERRACAPRIOLA– UNITÀ SSR (SABBIA, SABBIA LIMOSA) .....	29
4.8	SABBIE DI SERRACAPRIOLA– UNITÀ SSR3 (ARGILLA LIMOSA E LIMO ARGILLOSO) .....	30
4.9	SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....	62



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L102	02	D 78 RB	GE0005 002	B	3 di 110

4.10	FALDA .....	63
5	CLASSIFICAZIONE SISMICA .....	65
5.1	RISPOSTA SISMICA .....	65
5.1.1	<i>Categoria di sottosuolo</i> .....	66
5.1.2	<i>Azioni sismiche di progetto</i> .....	67
6	OPERE D'ARTE MAGGIORI.....	68
6.1	CAVALCAVIA IN VIADOTTO – VARIANTE EX SS16 TER - IV01 .....	68
6.2	CAVALCAVIA IN VIADOTTO – VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA FERMATA DI CAMPOMARINO - IV02.....	69
7	METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE PALI.....	70
7.6	COMPORAMENTO DEL PALO SOGGETTO AI CARICHI ORIZZONTALI - MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO.....	79
7.7	VERIFICA CEDIMENTI DEI PALI.....	81
8.1	CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE PALI.....	82
8.1.1	<i>Cavalcavia in viadotto – variante ex SS16 ter - IV01</i> .....	82
8.1.2	<i>Cavalcavia in viadotto – viabilità di accesso alla fermata di Campomarino - IV02</i> .....	86
8.2	VALUTAZIONE DEL MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO .....	89



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	4 di 110

## 1 PREMESSA

Nel presente documento si riporta la caratterizzazione geotecnica della viabilità Campomarino relativa al Progetto Definitivo del raddoppio della linea ferroviaria Termoli-Lesina, della tratta Termoli-Ripalta.

In particolare nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti:

- descrizione delle indagini geotecniche eseguite in sito ed in laboratorio;
- rilievo del livello di falda;
- descrizione dei criteri in base ai quali sono stati interpretati i risultati delle indagini geotecniche effettuate;
- interpretazione dei risultati delle indagini geotecniche e definizione dei parametri geotecnici, in termini di proprietà fisiche e meccaniche (resistenza al taglio e deformabilità);
- classificazione sismica del sito;
- caratterizzazione geotecnica in corrispondenza delle opere d'arte principali: stratigrafia, definizione dei parametri geotecnici di progetto, individuazione livello di falda, categoria di sottosuolo;
- metodologie di calcolo generali per la valutazione della capacità portante dei pali;
- metodologie di calcolo generali per la verifica a carico limite orizzontale;
- metodologie di calcolo del parametro alfa e del momento adimensionale lungo i pali;
- valutazione della capacità portante dei pali ai carichi verticali;
- valutazione del parametro alfa e del momento adimensionale lungo i pali;
- piano di posa.

Per quanto riguarda l'analisi dei cedimenti dei rilevati e loro decorso nel tempo e la verifica di stabilità delle scarpate (rilevati e trincee), si rimanda agli appositi documenti.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>L102</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa di riferimento

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

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- [N.2]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [N.3]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- [N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- [N.5]. RFI DTC SICS MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.6]. Raccomandazioni sui pali di fondazione. Associazione geotecnica italiana. Dicembre, 1984.

### 2.2 Documenti di riferimento

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

- D.1. L03101D69DAGE0000001B – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Termoli-Chieti. Progetto Definitivo. Stratigrafie sondaggi.
- D.2. L03101D69PRGE0005001÷5B – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Termoli-Chieti. Progetto Definitivo. Prove geotecniche di laboratorio.
- D.3. L03101D69RGGE0000001B – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Termoli-Chieti. Progetto Definitivo. Indagine geognostica – Relazione tecnica.
- D.4. L03101D69RGGE0001001B – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Termoli-Chieti. Progetto Definitivo. Indagine geognostica – Relazione geologica e idrogeologica.
- D.5. IA2F00E69P6GE0000001÷6A – Raddoppio della linea Pescara-Bari – Tratta Termoli-Chieti. Progetto Esecutivo. Planimetria generale sondaggi.
- D.6. L03200R69RGGE0001001A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina. Progetto Preliminare. Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica.



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	6 di 110

- D.7. L03200R69P5GE0001001A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina. Progetto Preliminare. Planimetria ubicazione indagini.
- D.8. L03200R69N5GE0001001÷4A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina. Progetto Preliminare. Carta geologica con ubicazione delle indagini e profilo geologico.
- D.9. L03203R69PRGE0001001A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina. Progetto Preliminare. Prove geotecniche di laboratorio.
- D.10. L03203R69PRGE0001001A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina. Progetto Preliminare. Prove geotecniche di laboratorio.
- D.11. L03203R69SGGE0001001A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina. Progetto Preliminare. Sondaggi geognostici.
- D.12. L03203R69IGGE0001001A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina. Progetto Preliminare. Relazione geofisica.
- D.13. LI03 00 R 69 N5 GE0001 001÷3A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Raddoppio Termoli-Ripalta – Lotto 2 e 3 – “Soluzione Molise”. Progetto Preliminare. Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico.
- D.14. LI03 00 R69 PR GE0001 00 1÷8 – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Raddoppio Termoli-Ripalta – Lotto 2 e 3 – “Soluzione Molise”. Progetto Preliminare. Prove geotecniche di laboratorio.
- D.15. LI03 00 R69 RG GE0001 00 1 A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Raddoppio Termoli-Ripalta – Lotto 2 e 3 – “Soluzione Molise”. Progetto Preliminare. Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica.
- D.16. LI03-00-R69-IG-GE0005-001-A– Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Raddoppio Termoli-Ripalta – Lotto 2 e 3 – “Soluzione Molise”. Progetto Preliminare. Indagine geofisica.
- D.17. LI0300R69RHGE0000001A– Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Raddoppio Termoli-Ripalta – Lotto 2 e 3 – “Soluzione Molise”. Progetto Preliminare. Monitoraggio piezometrico
- D.18. LI0300R69SGGE0005001÷9A– Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Raddoppio Termoli-Ripalta – Lotto 2 e 3 – “Soluzione Molise”. Progetto Preliminare. Indagini geognostiche e prove in sito.
- D.19. LI0300R69PRGE0005001A– Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Raddoppio Termoli-Ripalta – Lotto 2 e 3 – “Soluzione Molise”. Progetto Preliminare. Prove geotecniche di laboratorio.
- D.20. Indagini ex lotto 2
- D.21. Indagini ex lotto 3



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	7 di 110

- D.22. LI0202D69PRGE0005001÷2A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Raddoppio Termoli-Ripalta – Lotto 2 e 3. Progetto Definitivo. Prove geotecniche di laboratorio.
- D.23. LI0202D69RHGE0005001A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Raddoppio Termoli-Ripalta – Lotto 2 e 3. Progetto Definitivo. Monitoraggio piezometrico.
- D.24. LI0202D69SGGE0001006A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Raddoppio Termoli-Ripalta – Lotto 2 e 3 – “Soluzione Molise”. Progetto Definitivo. Indagini geognostiche e prove in situ-Prove CPTU e DPSH.
- D.25. LI0202D69SGGE0001007A – Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Raddoppio Termoli-Ripalta – Lotto 2 e 3. Progetto Definitivo. Indagini geognostiche e prove in situ-Pozzetti geognostici.
- D.26. LI02 02 D 69 RG GE0001 001 0 – Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica.
- D.27. LI02 02 D 69 N5 GE0001 001÷6 0 – Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico.
- D.28. LI0202D78F6GE0005001÷20 – Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Profilo geotecnico.
- D.29. LI0202D78F6GE0005001÷20C – Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Profilo geotecnico.
- D.30. LI0202D78RHGE0005001B – Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Rilevati ferroviari – Relazione di stabilità e calcolo dei cedimenti.
- D.31. LI0202D78RHGE0005002B – Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Rilevati stradali – Relazione di stabilità e calcolo dei cedimenti.
- D.32. LI0202D78RHGE0005003B – Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Rilevati stradali – Trincee ferroviarie-Relazione di stabilità.
- D.33. LI0202D78RHGE0005004B – Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Rilevati stradali – Trincee stradali-Relazione di stabilità.



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	8 di 110

- D.34. LI0202D78RHGE0005005B – Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Relazione degli interventi di mitigazione della liquefazione.
- D.35. LI0202D78WAGE0005001÷3B – Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Rilevati - Sezioni tipo degli interventi di mitigazione liquefazione.
- D.36. LI0202D78P6GE0005021C – Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Piano profilo geotecnico - Viabilità Campomarino.
- D.37. LI02 02 D78 RH GE0005 001 C - Linea Pescara – Bari. Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina-Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta. Progetto Definitivo. Relazione geotecnica generale.



	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

### 3 INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

Al fine di caratterizzare i terreni presenti lungo la viabilità in esame si è fatto riferimento alla seguente campagna di indagine:

- campagna geognostica del 2017 consistita in indagini in sito ed in laboratorio realizzate dalla società *TRIVELSONDA S.r.l.* di Squinzano (LE) per il Progetto Preliminare del Raddoppio Termoli-Ripalta (Lotti 2 e 3) – Soluzione Molise e da un secondo gruppo di indagini realizzate dalla società *IMOS S.r.l.* di Vinchiaturò (CB) e finalizzata alla redazione del presente Progetto Definitivo del Raddoppio Termoli-Ripalta (Lotti 2 e 3).

Nel seguente paragrafo si descrivono in dettaglio le indagini in sito ed in laboratorio eseguite nella suddetta campagna di indagine, per i dettagli si rimanda ai certificati stratigrafici.

#### 3.1 Campagna geognostica del 2017

Le indagini geotecniche svolte in questa campagna sono consistite complessivamente in:

- n. 75 sondaggi a carotaggio continuo con profondità di investigazione variabile da 10 e 62 m circa;
- n. 32 fori di sondaggio attrezzati con piezometri del tipo a tubo aperto ed anche cella di Casagrande;
- n. 22 fori di sondaggio attrezzati per prospezioni sismiche del tipo Down-Hole per una profondità di 30 m circa per le opere all'aperto e 60 m per le indagini in galleria;
- n. 19 prove statiche con piezocono (CPTU);
- n. 11 prove penetrometriche dinamiche pesanti del tipo DPSH (Dinamic Probing Super Heavy);
- n. 13 pozzetti esplorativi con profondità di circa 2 m e prelievo di 1 campione rimaneggiato per ogni pozzetto.
- prove sismiche di tipo MASW, Re.Mi, e rilievi Tomografici Elettrici.

In tabella seguente si sintetizzano le attività svolte in sito per la viabilità in esame.

**Tabella 1 – Riepilogo prove in sito - campagna geognostica 2017**

Sigla indagine	Anno	Profondità	Quota boccaforo	SPT n.	Lefranc/Lugeon n.	CR n.	CI n.	CS n.	Piezometro
-	-	[m]	[m] s.l.m.	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	TA/CC
DPSH23VBis	2017	9.8	36.0	-	-	-	-	-	-
S21vBis	2017	30.0	36.8	10	-	1	2	1	-
S22V	2017	30.0	22.3	6	1 LE	2	1	-	TA [4-30m]
S22VBis	2017	50.0	27.4	8	-	1	1	-	TA [19.3-49.3m]
S23V	2017	30.0	42.3	5	-	-	3	1	-
S26V	2017	50.0	41.4	7	1 LE	1	3	-	TA [17-50m]
PZ3v	2017	2.3	28.0	-	-	1	-	-	-
S4Gall	2017	40.0	40.43	8	3 LE	1	2	1	TA [24-40m] CC [18.5m]

TA: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]

CI: campione indisturbato

CR: campione rimaneggiato

CS: campione semi-disturbato

LE: prova di permeabilità Lefranc

LU: prova di permeabilità Lugeon

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati effettuati:

- riconoscimento stratigrafico con documentazione fotografica a colori;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT);
- prove di permeabilità Lefranc e Lugeon;
- prelievo di campioni rimaneggiati ed indisturbati;
- rilievo del livello di falda;
- misure di valori di Pocket Penetrometer (PP).

Durante l'esecuzione dei pozzetti esplorativi sono state svolte le seguenti attività:

- riconoscimento stratigrafico con documentazione fotografica a colori;
- prelievo di campioni rimaneggiati, indisturbati e semi-disturbati, sottoposti a prove di laboratorio;
- esecuzione di prove di carico su piastra (PLT);
- rilievo livello di falda, se intercettata.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	L102	02	D 78 RB	GE0005 002	B	11 di 110

I risultati delle prove DPSH sono riportati nel profilo stratigrafico longitudinale, sono stati utilizzati per meglio definire il passaggio stratigrafico tra i terreni di copertura ed il substrato più consistente/addensato.

### 3.1.1 Misure piezometriche

Per la campagna di indagine del 2017 al momento sono disponibili letture da aprile 2018 ad ottobre 2018. Nelle tabelle al paragrafo 4.10 sono indicati i livelli massimi di falda rilevati dai piezometri installati nei sondaggi eseguiti per la viabilità in esame, espresse in profondità da p.c. ed in quota assoluta (m s.l.m.); le letture complete del periodo monitorato sono riportate nella relazione geotecnica generale della linea ferroviaria.

### 3.1.2 Indagini sismiche

In corrispondenza della viabilità in esame è disponibile unicamente una prova sismica di tipo MASW/Re.Mi, denominata M19 e una prova Down-Hole, per la definizione dei valori di  $V_{s,30}$  e classificazione della categoria di sottosuolo sismica:

**Tabella 2 – Riepilogo indagini sismiche**

Sigla indagine	Progressiva		Tipologia indagine	$V_{s,30}$ [m/s]
	Punto iniziale	Punto finale		
M19	7+269	7+305	MASW	329
S24v	7+666	-	Down-Hole	284

Dalle indagini sismiche si definisce nella viabilità una categoria di sottosuolo C.

### 3.1.3 Prove di permeabilità

I risultati delle prove di permeabilità sono elencati in **Tabella 3**.

**Tabella 3 – Risultati prove di permeabilità Lefranc - campagna d'indagine 2017**

Anno	Sondaggio	Tipo prova	Profondità prova [m]	Coefficiente di permeabilità media [m/s]	Unità geotecnica
2017	S22v	LE_CV	18.6	$9.62E^{-07}$	SSR
2017	S26v	LE_CV	22.0	$1.16E^{-06}$	SSR
2017	S4Gall	LE_CV	17.0	$4.87E^{-06}$	SSR
2017	S4Gall	LE_CV	34.2	$4.60E^{-06}$	SSR
2017	S4Gall	LE_CV	24.1	$8.29E^{-07}$	SSR3



<b>Sondaggio</b>	-	S4Gall	S4Gall	S4Gall	S4Gall	S4Gall
<b>Campione</b>	-	ci1	CR2	CI3	cs4	cr5
<b>Tipo</b>	-	ind	rim	ind	rim	rim
<b>Unità</b>	-	CGC2	SSR	SSR	SSR3	SSR
<b>Prof.</b>	m	5.00	15.15	24.00	27.00	35.30
<b>Granulometria</b>						
G	%	0.3	0.1	0.1	0.3	0.0
S	%	0.5	80.2	72.4	1.2	74.3
L+A	%	99.2	19.7	27.5	98.5	25.7
L	%	38.1		18.7	40.8	18.8
A	%	61.1		8.8	57.7	6.9
<b>Limiti di Atterberg</b>						
W <sub>L</sub>	%	66.8			63.1	
W <sub>P</sub>	%	24.2			26.4	
I <sub>c</sub>	-	0.94			0.97	
I <sub>p</sub>	%	42.6			36.7	
<b>Caratteristiche fisiche</b>						
γ <sub>N</sub>	kN/m <sup>3</sup>	19.1	19.0	20.9	19.1	19.5
w <sub>N</sub>	%	26.6	17.1	15.7	27.6	19.0
<b>Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)</b>						
E <sub>ed</sub>	kPa	11665.0				
<b>Resistenza non drenata</b>						
(TX-UU) c <sub>u</sub>	kPa	109.0			144.3	
(TX-ELL) c <sub>u</sub>	kPa					
<b>Resistenza drenata</b>						
(TD) c	kPa	24.5	0.0	16.4		5.0
(TD) f	°	19.2	35.5	36.5		34.6
(TX-CIU) c	kPa				29.4	
(TX-CIU) f	°				24.8	

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente capitolo si riporta la caratterizzazione geotecnica generale della viabilità in esame, valutata sulla base dell'interpretazione di tutte le indagini geotecniche svolte in sito ed in laboratorio.

Dopo aver individuato le principali unità geotecniche intercettate lungo la viabilità in esame, verranno interpretati i risultati delle indagini geotecniche sulla base dei criteri di seguito esposti e quindi verranno definiti i parametri geotecnici di progetto e la stratigrafia di riferimento sia lungo il tracciato, sia per le principali opere d'arte.

Nel profilo stratigrafico longitudinale sono riportati in forma grafica i risultati delle indagini e sono mostrate le correlazioni stratigrafiche con indicazione delle unità geotecniche intercettate; è anche indicato l'andamento del livello di falda massimo rilevato da letture piezometriche.

Il profilo stratigrafico verrà preso a riferimento per definire la stratigrafia di dettaglio lungo il tracciato ed in corrispondenza delle opere d'arte in progetto.

### 4.1 Definizione delle unità geotecniche intercettate

Di seguito si elencano le unità geotecniche intercettate lungo il tracciato. Le formazioni ghiaiose e sabbiose dei Conglomerati di Campomarino (unità CGC1s e CGC1g) e dei depositi alluvionali attuali e recenti (unità ba1, ba2) non sono intercettate, quindi per la loro caratterizzazione si rimanda alla relazione geotecnica generale (D.37).

**Terreno di riporto – Unità R:** si tratta dello spessore di terreno vegetale (Rv) costituito prevalentemente da limo sabbioso debolmente argilloso con resti vegetali e inclusi clasti e da terreno di riporto antropico (Ra) costituente il rilevato ferroviario esistente;

**Coltri eluvio-colluviali (unità geologica b2):** si tratta di depositi continentali di versante e di alterazione del substrato costituiti da limi argilloso sabbiosi con resti vegetali, inclusi piroclastici e ghiaie;

**Depositi alluvionali attuali e recenti (unità geologica ba/bb):** si tratta di terreni alluvionali che si possono distinguere in base alla composizione granulometrica in:

- **Unità ba1:** ghiaia in matrice sabbiosa e sabbiosa limosa;
- **Unità ba2:** sabbia, sabbia limosa, sabbia con limo;

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

- **Unità ba3:** argilla limosa e limi argillosi.

**Conglomerati di Campomarino (unità geologica CGC):** si tratta di ghiaie e ciottoli arrotondati in matrice sabbioso-limosa, a luoghi debolmente argillosa di colore marrone chiaro, da poco a moderatamente cementata, a luoghi intercalata a sabbie debolmente addensate ed argille limose giallo-verdastre. Quindi si distinguono tre diverse unità geotecniche:

- **Unità CGC1g:** conglomerati poligenici ed eterometrici, ciottoli arenacei e calcareo-marnosi con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante;
- **Unità CGC1s:** sabbie e sabbie limose;
- **Unità CGC2:** argille limose e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e verdastro con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.

**Sabbie di Serracapriola (unità geologica SSR):** sabbie medio-fini di colore giallastro e rossastro, prevalentemente quarzose e a grado di cementazione variabile (**Unità SSR**). Talvolta sono presenti livelli di argilla intercalata da sabbia fina limosa (**Unità SSR3**).

## 4.2 Criteri di interpretazione delle indagini geotecniche

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

- prove penetrometriche dinamiche SPT eseguite nei fori di sondaggio;
- prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati e rimaneggiati.

### 4.2.1 Depositi incoerenti

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

Per quanto riguarda la stima della densità relativa dalle prove SPT, sono stati considerati i valori minimi di densità relativa ottenuti dalle varie correlazioni che di seguito vengono esposte.

#### Stato di addensamento



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	16 di 110

### Correlazione di Skempton

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

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

essendo:

A, B = costanti empiriche indicate in tabella seguente

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

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

$D_r$  = densità relativa (-).

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

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

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

### Correlazione di Gibbs e Holtz

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

$$D_R = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{(16 + 23 \cdot \sigma'_{vo})}}$$

### Correlazione di Bazaraa





LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	17 di 110

In accordo a quanto indicato da Bazaraa (1967) la densità relativa  $D_R$  può essere correlata al valore  $N_{SPT}$  con la seguente espressione:

$$D_R = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{20 \cdot (1 + 4.1 \cdot \sigma_{vo}')}} \quad \text{per } \sigma_{vo}' \leq 0.732 \text{ kg/cm}^2$$

$$D_R = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{20 \cdot (3.24 + 1.024 \cdot \sigma_{vo}')}} \quad \text{per } \sigma_{vo}' > 0.732 \text{ kg/cm}^2$$

essendo:

$D_R$  = densità relativa (-).

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

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

### Correlazione di Terzaghi & Peck

In accordo a quanto indicato da Terzaghi e Peck (1948) la densità relativa  $D_R$  può essere correlata al valore  $N_{SPT}$  con la seguente espressione:

$$D_R = (10.297 + N_{SPT}^{2.4142}) - (N_{SPT})^2 \cdot 0.0181$$

### Parametri di resistenza

Per la stima dell'angolo di resistenza al taglio dalle prove SPT sono state utilizzate due diverse correlazioni (Bolton; Schmertmann) di seguito illustrate. Cautelativamente per la definizione dei parametri di resistenza di progetto si è fatto riferimento ai valori minimi ottenuti dalle correlazioni.

### Correlazione di Schmertmann

L'angolo di resistenza al taglio ( $\phi'$ ) stimato dalle prove SPT in base alla correlazione proposta da Schmertmann (1977) correla l'angolo di resistenza al taglio alla densità relativa attraverso la seguente relazione:



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L102	02	D 78 RB	GE0005 002	B	18 di 110

$\varphi = 38.5 + 0.108 \cdot D_R$  valida per sabbia e ghiaia poco limosa e ghiaietto uniforme

$\varphi = 34.5 + 0.10 \cdot D_R$  sabbia grossa–media uniformemente ben gradata

$\varphi = 31.5 + 0.115 \cdot D_R$  sabbia medio-fine uniformemente ben gradata

$\varphi = 28.0 + 0.14 \cdot D_R$  sabbia fine uniforme

essendo:  $D_r$  = densità relativa

Nel caso in esame si è considerata cautelativamente per le unità ba2 e SSR la correlazione valida per sabbia fine uniforme.

### Correlazione di Bolton

L'angolo di resistenza al taglio di picco  $\varphi'$  è stato determinato in accordo al metodo proposto da Bolton (1986):

$$\varphi' = \varphi'_{cv} + m \cdot DI$$

$$DI = D_r \cdot [Q - \ln(p'_f)] - 1$$

essendo:

$\varphi'$  = angolo di attrito di picco riferito a pressioni di 272 kPa (°);

Q = fattore che dipende dalla composizione minereologica e dalla forma delle particelle di sabbia, valore consigliato = 10;

$p'_f = 1.4 \cdot \sigma_{fr}$  kPa (vedasi Jamiokowski et al., 1988; in accordo a quanto proposto da Baligh, 1975, si assume  $p'_f = 1.4 \cdot 272 = 380$  kPa);

m = costante empirica dipendente dalle condizioni di deformazione prevalenti (vedasi tabella seguente (°)).

Nel nostro caso si assume m=3;

$D_r$  = densità relativa (-).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

**Tabella 6 Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)**

Condizioni di rottura	m
Tipo prova triassiale di compressione ( $\sigma_2' = \sigma_3'$ )	3
Tipo prova triassiale in estensione o di deformazione piana ( $\sigma_2' \neq \sigma_3'$ )	5
$\sigma_2'$ = tensione principale efficace intermedia $\sigma_3'$ = tensione principale efficace minore	

I valori dell'angolo di attrito  $\varphi_{cv}'$  sono stati ricavati in base a quanto indicato nella tabella seguente (Youd, 1972; Stroud, 1988) e sulla base delle prove di taglio diretto in laboratorio eseguite sui campioni prelevati. Nel caso specifico per l'angolo di attrito  $\varphi_{cv}'$  si è assunto, cautelativamente:

$$\varphi_{cv}' = 33^\circ \text{ per l' unità SSR;}$$

$$\varphi_{cv}' = 30^\circ \text{ per l' unità ba2.}$$

**Tabella 7 Valori dell'angolo di attrito  $\varphi'_{cv}$  per sabbie silicee secondo quanto riportato in Stroud (1988) e Youd (1972)**

	Sabbie ben gradate	Sabbie uniformi
Sabbie a spigoli vivi	$\varphi_{cv}' = 38^\circ$	$\varphi_{cv}' = 34^\circ$
Sabbie a spigoli arrotondati	$\varphi_{cv}' = 33^\circ$	$\varphi_{cv}' = 30^\circ$

### Caratteristiche di deformabilità

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

Il modulo di taglio iniziale ( $G_o$ ) e quello di Young iniziale ( $E_o$ ), associabili a piccole deformazioni, possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) utilizzando le seguenti correlazioni:

$$G_o = \frac{\gamma_t}{9.81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_o = G_o \cdot 2 \cdot (1 + \nu)$$

essendo:



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	20 di 110

$\gamma_t$  = peso di volume naturale del terreno in assunto pari a 19 kN/m<sup>3</sup>;

$\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno (assunto pari a 0.3);

$V_s$  = velocità delle onde di taglio in m/sec.

La velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) può essere ricavata direttamente dai risultati delle prove geofisiche in foro di sondaggio o indirettamente, interpretando i risultati delle prove SPT attraverso la correlazione di Ohta e Goto (1978) o la correlazione di Yoshida e al. (1988).

### Correlazione di Ohta e Goto (1978)

$$V_s = C \cdot (N_{SPT})_{50\%}^{0.171} \cdot (z)^{0.199} \cdot f_A \cdot f_G \text{ (m/sec)}$$

essendo:

$C = 53.3$ ;

$z$  = profondità dal p.c. in metri;

$f_A$  = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito (vedasi la Tabella 8);

$f_G$  = coefficiente funzione della composizione granulometrica (vedasi la Tabella 9).

**Tabella 8 Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente  $f_A$  (funzione dell'epoca geologica del deposito)**

$f_A$	Olocene	Pleistocene
	1,0	1,3

**Tabella 9 Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente  $f_G$  (funzione della granulometrica del deposito)**

$f_G$	Ghiaie	Sabbie ghiaiose	Sabbie grosse	Sabbie medie	Sabbie fini
	1,45	1,15	1,14	1,07	1,09

Nel caso in esame è stato assunto:

$f_A = 1.3$ ;

$f_G = 1.09$  per le unità SSR, ba2.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

### Correlazione di Yoshida et al. (1988)

$$v_s = C \cdot (N_{SPT})^{0.25} \cdot (\sigma_v')^{0.14} \quad (\text{m/sec})$$

essendo:

C=49 per sabbie (unità SSR, ba2);

$\sigma_{vo}'$  = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova.

I moduli di deformabilità “operativi” (E') da adottare per il calcolo delle deformazioni/cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni, saranno assunti pari a 1/5 di quello iniziale (E<sub>0</sub>).

Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale (E<sub>op</sub>'= E<sub>0</sub>/10).

#### 4.2.2 Depositi coesivi

Per i depositi coesivi la caratterizzazione geotecnica è stata fatta oltre che dall'interpretazione delle prove in sito, anche dai risultati delle prove di laboratorio.

#### Classificazione

La classificazione di questi terreni avverrà essenzialmente sui risultati delle seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometriche;
- pesi di volume naturale e secco;
- contenuti d'acqua naturale;
- limiti di Atterberg.

#### Caratteristiche di resistenza

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza dei depositi coesivi ci si è basati principalmente sui risultati delle prove di laboratorio che sono essenzialmente prove:

- Taglio diretto e prove triassiali per la resistenza in tensioni efficaci;



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L102	02	D 78 RB	GE0005 002	B	22 di 110

- Triassiale non consolidata non drenata (TXUU) e prova di compressione assiale semplice (ELL) per la resistenza in condizioni non drenate.

La resistenza al taglio in condizioni non drenate è stata valutata anche dalle prove speditive di Pocket Penetrometer (PP) e delle prove penetrometriche dinamiche SPT in base alla seguente correlazione di Stroud (1974):

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

I valori sono stati poi riportati nello stesso grafico, con indicato anche l'andamento della resistenza al taglio per un terreno normal consolidato ricavato dalla seguente relazione:  $c_{uNC} = 0.23 \cdot \sigma'_v$ .

#### Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi coesivi possono essere stimati:

- dalle prove edometriche di laboratorio;
- da correlazioni di letteratura.

Per quanto concerne le prove sismiche in sito, le caratteristiche di deformabilità vengono individuate con le stesse relazioni precedentemente indicate per i terreni incoerenti. Questi valori sono stati confrontati poi con i risultati derivanti dalle correlazioni per l'interpretazione delle prove in sito SPT.

Il valore del modulo di deformazione elastico ( $E'_v$ ) per terreni coesivi sovraconsolidati può anche essere stimato con la seguente correlazione (Stroud, 1974):

$$E'_v = 130 \cdot c_u = 130 \cdot f_1 \cdot N \quad [\text{kPa}]$$

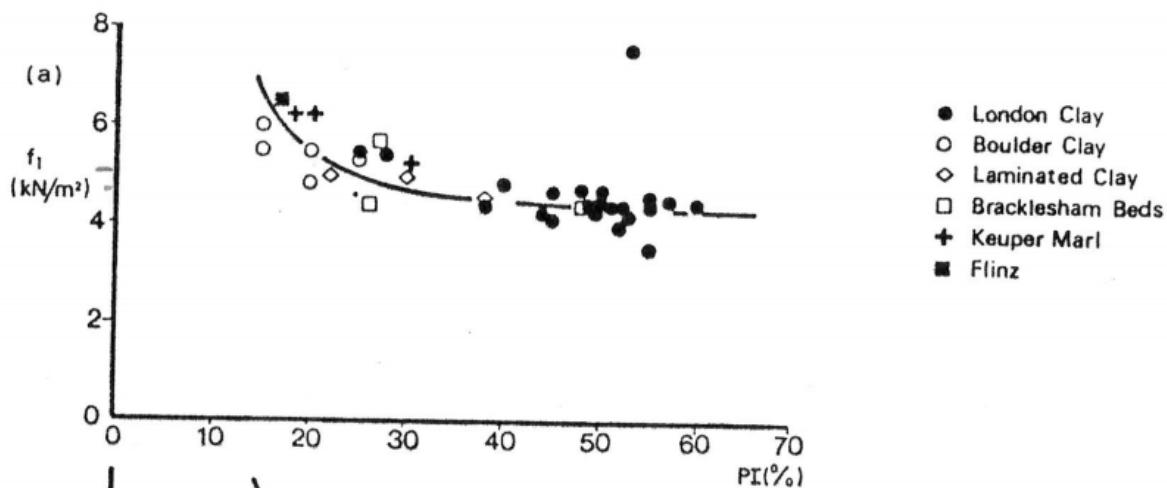
Dove:

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

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

$f_1$  = fattore in funzione dell'indice di plasticità IP, (vedasi figura seguente), assunto pari a 5;

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



**Figura 1 – Fattore  $f_1$  in funzione di IP**

Sulla base di quanto riportato in Simpson et al. (1979) il modulo di taglio iniziale ( $G_0$ ) può essere stimato anche sulla base della seguente equazione:

$$G_0 = (500 \div 700) \cdot c_u \text{ (kPa)}$$

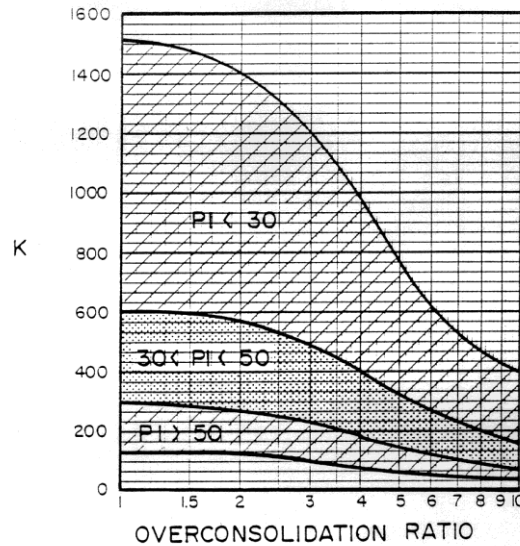
essendo:

$c_u$  = resistenza al taglio non drenata.

I moduli di deformabilità “operativi” ( $E'$ ) da adottare per il calcolo delle deformazioni/cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni, saranno assunti pari a 1/5 di quello iniziale ( $E_0$ ).

Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale.

Nella valutazione dei cedimenti immediati dei rilevati il modulo di deformazione in condizioni non drenate ( $E_u$ ) può essere stimato sulla base della correlazione empirica proposta da Duncan & Buchignani (1976)  $E_u = k \cdot c_u$ ; il coefficiente  $k$  è valutato con il grafico di figura seguente.



**Figura 2 – Duncan & Buchigani**

### Caratteristiche di consolidazione

I valori del coefficiente di consolidazione primaria verticale sono stati determinati dalle prove edometriche di laboratorio e con correlazioni empiriche in funzione del limite liquido (LL), vedasi ad esempio le seguenti:

$$c_v = \exp [-10.552 + (164.074/LL)] \quad [\text{cm}^2/\text{s}]$$

$$c_v = 0.009 (LL - 0.1) \quad [\text{cm}^2/\text{s}] \text{ NAVFAC-DM 7.1. (1971)}$$

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



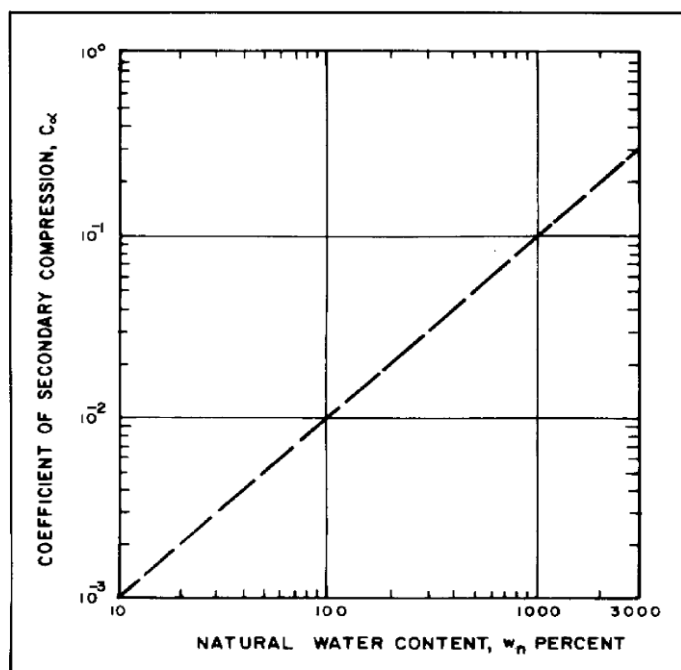


Figura 3 – Abaco di calcolo del coefficiente di consolidazione secondaria da  $w_n$  (NAVFAC, 1982)

Nei paragrafi che seguono verranno riportati a confronto per le varie unità geotecniche tutti i risultati delle prove in sito e dell'interpretazione delle prove eseguite.

#### 4.3 Terreno vegetale – Unità Rv

Si tratta dello spessore di coltre vegetale presente a partire da p.c. con uno spessore variabile da 0.5 a 0.7 m circa (vedasi sondaggi). Tale materiale andrà generalmente asportato per la realizzazione delle opere in progetto.

#### 4.4 Coltri eluvio-colluviali – Unità b2

Si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi con talvolta resti vegetali, sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie. Affiorano localmente lungo il tratto in esame, con spessore di circa 1÷1.5 m.

In corrispondenza di questa unità non sono disponibili prove SPT e parametri di laboratorio, pertanto verrà caratterizzata con i parametri derivanti dalle indagini effettuate su tutta la linea (vedasi D.37).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

#### 4.5 Depositi alluvionali attuali e recenti – Unità ba3 (argilla limosa e limo argilloso)

Si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio e marroni con locali ghiaie. Lungo la viabilità in oggetto si intercettano in corrispondenza dei corsi d'acqua, con spessori di 4÷8 m.

L'unità è intercettata dai sondaggi S22v e S22vbis. Poiché i dati a disposizione nei due sondaggi sono pochi, per la caratterizzazione geotecnica si è fatto riferimento anche ai risultati dell'unità dei due sondaggi ubicati nelle vicinanze in corrispondenza della linea ferroviaria: S20v, S21v.

Le prove SPT eseguite in corrispondenza dell'unità hanno fornito valori compresi tra 9 e 18 colpi/30 cm (vedasi Figura 4).

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati, su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Il peso di volume naturale è compreso tra circa 18.5 e 20 kN/m<sup>3</sup> (vedasi Figura 5).

Dall'analisi granulometrica si ha:

- percentuale di ghiaia compresa fra 1 e 5%;
- percentuale di sabbia compresa fra 2 e 22%;
- percentuale di fine (limo+argilla) generalmente compresa fra 74 e 97%, con percentuale di limo compresa tra 28 e 42% e percentuale di argilla compresa tra 32 e 69%.

Il contenuto naturale d'acqua è compreso fra 21 e 37%. Il limite liquido è compreso tra 39 e 71%, il limite plastico è compreso tra 15 e 25%, l'indice plastico compreso tra 24 e 46%.

Dalla carta di plasticità di Casagrande il materiale si colloca nella zona delle argille inorganiche di media-alta plasticità (vedasi Figura 6).

#### Parametri di resistenza

In Figura 7 sono riportati i parametri di resistenza delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nell'unità in esame (si osserva una prova di taglio diretta con valore dell'angolo di resistenza molto basso, poco

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

attendibile in relazione agli altri risultati disponibili sullo stesso materiale, quindi non è stata considerata per la caratterizzazione).

In Figura 8 si riportano i parametri di resistenza delle prove di laboratorio nel piano  $\tau$ - $\sigma'$  da cui si possono stimare i seguenti valori medi dei parametri di resistenza di progetto nell'area in esame:

$\varphi' = 25^\circ$             angolo di resistenza al taglio  
 $c' = 5 \text{ kPa}$             coesione drenata

In Figura 9 sono riportati i valori di resistenza al taglio non drenata dall'interpretazione delle prove SPT, dalle prove Pocket Penetrometer e dalle prove di laboratorio. Si osservano valori di resistenza al taglio non drenata generalmente compresi tra 75 e 200 kPa.

#### Parametri di deformabilità

Non essendo disponibili indagini sismiche, i parametri di deformazione  $G_0$  ed  $E_0$  sono stati stimati principalmente dalle correlazioni in base alle prove SPT, da cui si stima (vedasi Figura 10, Figura 11):

$G_0 = 30 \div 60 \text{ MPa}$             modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_0 = 80 \div 160 \text{ MPa}$             modulo di deformazione elastico iniziale

#### Caratteristiche di permeabilità

Si considera un valore medio indicativo derivante da tutte le prove disponibili sulla linea ferroviaria di  $4.5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ .

### **4.6 Conglomerati di Campomarino – Unità CGC2 (argilla limosa e limo argilloso)**

Si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e verdastro con locali ghiaie. Si rinvengono lungo la viabilità con spessori variabili da 2 a 20 m circa.

Le prove SPT hanno fornito valori tra 14 e 44 colpi/30 cm (vedasi Figura 12).

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati campioni indisturbati e semi-disturbati, su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Il peso di volume naturale è compreso tra 18 e 20.3 kN/m<sup>3</sup> (vedasi Figura 13).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

Dall' analisi granulometrica si ha:

- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 3%;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 0 e 20%;
- percentuale di fine (limo+argilla) generalmente compresa fra 78 e 100%, con percentuale di limo compresa fra 13 e 60% e percentuale di argilla compresa fra 26 e 86%.

Il contenuto naturale d'acqua è compreso fra 17 e 36%. Il limite liquido è compreso fra 38 e 89% (media 67%), il limite plastico tra 19 e 30% (media 25%), l'indice plastico fra 19 e 59% (media 42%).

#### Parametri di resistenza

Le prove di laboratorio disponibili per l'unità in esame hanno fornito i valori compresi nei seguenti intervalli (vedasi Figura 14, Figura 15, Figura 16):

$$\varphi' = 17\div 27^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

$$c' = 9\div 25 \text{ kPa} \quad \text{coesione drenata}$$

In Figura 17 si riportano i parametri di resistenza delle prove di laboratorio nel piano  $\tau$ - $\sigma'$  e l'involuppo dei parametri di resistenza minimi e massimi dei valori caratteristici di progetto:

$$\varphi' = 20\div 26^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

$$c' = 15\div 20 \text{ kPa} \quad \text{coesione drenata}$$

In Figura 18 sono riportati i valori di resistenza al taglio non drenata dall'interpretazione delle prove SPT, dalle prove Pocket Penetrometer e dalle prove di laboratorio, da cui osservano valori di resistenza al taglio non drenata compresi tra 75 e 250 kPa.

#### Parametri di deformabilità:

E' stata considerata l'indagine sismica Down-Hole eseguita nel sondaggio S24, eseguita nelle vicinanze sulla linea ferroviaria dove si ha terreno CGC2 fino a 14.5 m. Inoltre i parametri di deformazione  $G_0$  ed  $E_0$  sono stati stimati anche dalle correlazioni in base alle prove SPT, da cui si ha (vedasi Figura 20, Figura 21 e Figura 19):

$$V_s = 165\div 200 \text{ MPa} \quad \text{velocità delle onde di taglio}$$

$$G_0 = 50\div 150 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione a taglio iniziale}$$

$$E_0 = 140\div 400 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione elastico iniziale}$$

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

#### Caratteristiche di permeabilità:

Con riferimento all'insieme delle prove di permeabilità Lefranc disponibili su tutta la linea ferroviaria si ha un intervallo di valori compresi tra  $1E^{-08}$  e  $3E^{-06}$  m/s.

#### **4.7 Sabbie di Serracapriola– Unità SSR (sabbia, sabbia limosa)**

Si tratta di sabbie medio-fini, prevalentemente quarzose e a grado di cementazione variabile. Tale unità è presente lungo il tracciato sotto le altre formazioni.

In corrispondenza di questa unità sono disponibili prove SPT che hanno dato valori compresi fra 29 e 100 colpi/30 cm (vedasi Figura 22).

La densità relativa stimata dalle prove SPT è compresa tra 50 e 80 % (vedasi Figura 23).

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati campioni indisturbati, rimaneggiati e semi-disturbati, su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Il peso di volume naturale è compreso mediamente fra 19 e 21 kN/m<sup>3</sup> (vedasi Figura 25).

Dalle analisi granulometriche si ha:

- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 6%;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 24 e 80% (media 66%);
- percentuale di fine (limo+argilla) generalmente compresa tra 19 e 70% (media 31%) con percentuale di limo compresa tra 16 e 53% e percentuale di argilla compresa tra 3 e 17%.

Il contenuto naturale d'acqua è compreso fra 16 e 25% (media 19%).

Il limite liquido pari a circa il 37%, il limite plastico pari a circa 17%, l'indice plastico pari a circa 20%.

#### Parametri di resistenza:

Dall'interpretazione dei risultati delle prove SPT si stimano valori dell'angolo di resistenza al taglio compresi tra 35 e 39° (vedasi Figura 24). Dalle prove di laboratorio sono stati ottenuti valori di resistenza al taglio mediamente compresi tra 31 e 39° (vedasi Figura 26) e coesione drenata compresa tra 0 e 16 kPa (vedasi Figura 27).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

In Figura 29 si riportano i parametri di resistenza delle prove di laboratorio nel piano  $\tau$ - $\sigma'$  e l'involuppo dei parametri di resistenza minimi e massimi dei valori caratteristici di progetto:

$\varphi' = 33\div 37^\circ$                       angolo di resistenza al taglio

$c' = 0\div 5$  kPa                      coesione drenata

#### Parametri di deformabilità:

E' stata considerata l'indagine sismica Down-Hole del sondaggio S24, eseguita nelle vicinanze sulla linea ferroviaria dove si ha terreno SSR dai 14.5 m di profondità. Inoltre i parametri di deformazione  $V_s$ ,  $G_o$  ed  $E_o$  sono stati stimati anche dalle correlazioni in base alle prove SPT, da cui si ha (vedasi Figura 20, Figura 21 e Figura 19):

$V_s = 200\div 500$  m/s                      velocità delle onde di taglio

$G_o = 75\div 300$  MPa                      modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_o = 200\div 800$  MPa                      modulo di deformazione elastico iniziale

Per la formazione SSR, le correlazioni empiriche dai dati di SPT conducono a valori inferiori dei parametri di deformabilità rispetto ai valori stimati dalle indagini sismiche, in quanto si tratta di correlazioni basate su dati sperimentali di terreni incoerenti, mentre le formazioni in esame hanno, una seppur debole, cementazione.

#### Caratteristiche di permeabilità:

In corrispondenza dell'unità sono disponibili prove di permeabilità Lefranc che hanno dato mediamente  $3E^{-06}$  m/s (vedasi Figura 34).

### **4.8 Sabbie di Serracapriola– Unità SSR3 (argilla limosa e limo argilloso)**

Si tratta di argille sabbioso limose medio-fini. Sono presenti intercalate alla formazione delle Sabbie di Serracapriola (unità SSR) in lenti di spessore di circa 1 m.

L'unità è intercettata dai sondaggio S22v, S22Vbis e S4Gall. Non essendo disponibili sufficienti prove per la caratterizzazione si è fatto riferimento anche alle indagini vicine che ricadono nell'unità in oggetto (S20v, S21v).

Le prove SPT hanno fornito valori tra 35 e 100 colpi/30 cm (vedasi Figura 22).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati, su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Il peso di volume naturale è compreso tra 18 e 19.5 kN/m<sup>3</sup> (vedasi Figura 25).

Dall'analisi granulometrica si ha:

- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 1%;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 0 e 11%;
- percentuale di fine (limo+argilla) generalmente compresa fra 89 e 99%, con percentuale di limo compresa fra 28 e 68% e percentuale di argilla compresa fra 25 e 70%.

Il contenuto naturale d'acqua è compreso fra 26 e 36%. Il limite liquido è compreso fra 41 e 71%, il limite plastico tra 20 e 26%, l'indice plastico fra 19 e 49%. Dalla carta di plasticità di Casagrande il materiale si colloca nella zona delle argille inorganiche di media-alta plasticità (vedasi Figura 30).

#### Parametri di resistenza

Le prove di laboratorio disponibili per l'unità in esame hanno fornito i valori piuttosto dispersi, compresi nei seguenti intervalli (vedasi Figura 31), i valori minimi sono relativi a prove di taglio diretto:

$$\varphi' = 16\div 25^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

$$c' = 6\div 40 \text{ kPa} \quad \text{coesione drenata}$$

In Figura 32 si riportano i parametri di resistenza delle prove di laboratorio nel piano  $\tau$ - $\sigma'$  da cui si possono stimare i seguenti valori dei parametri di resistenza di progetto:

$$\varphi' = 19^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

$$c' = 15 \text{ kPa} \quad \text{coesione drenata}$$

In Figura 33 sono riportati i valori di resistenza al taglio non drenata dall'interpretazione delle prove SPT, dalle prove Pocket Penetrometer e dalle prove di laboratorio, da cui osservano valori di resistenza al taglio non drenata compresi tra 75 e 250 kPa.

#### Parametri di deformabilità:



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	32 di 110

I parametri di deformazione  $G_0$  ed  $E_0$  sono stati stimati principalmente dalle correlazioni in base alle prove SPT, da cui si stima (vedasi Figura 20, Figura 21)

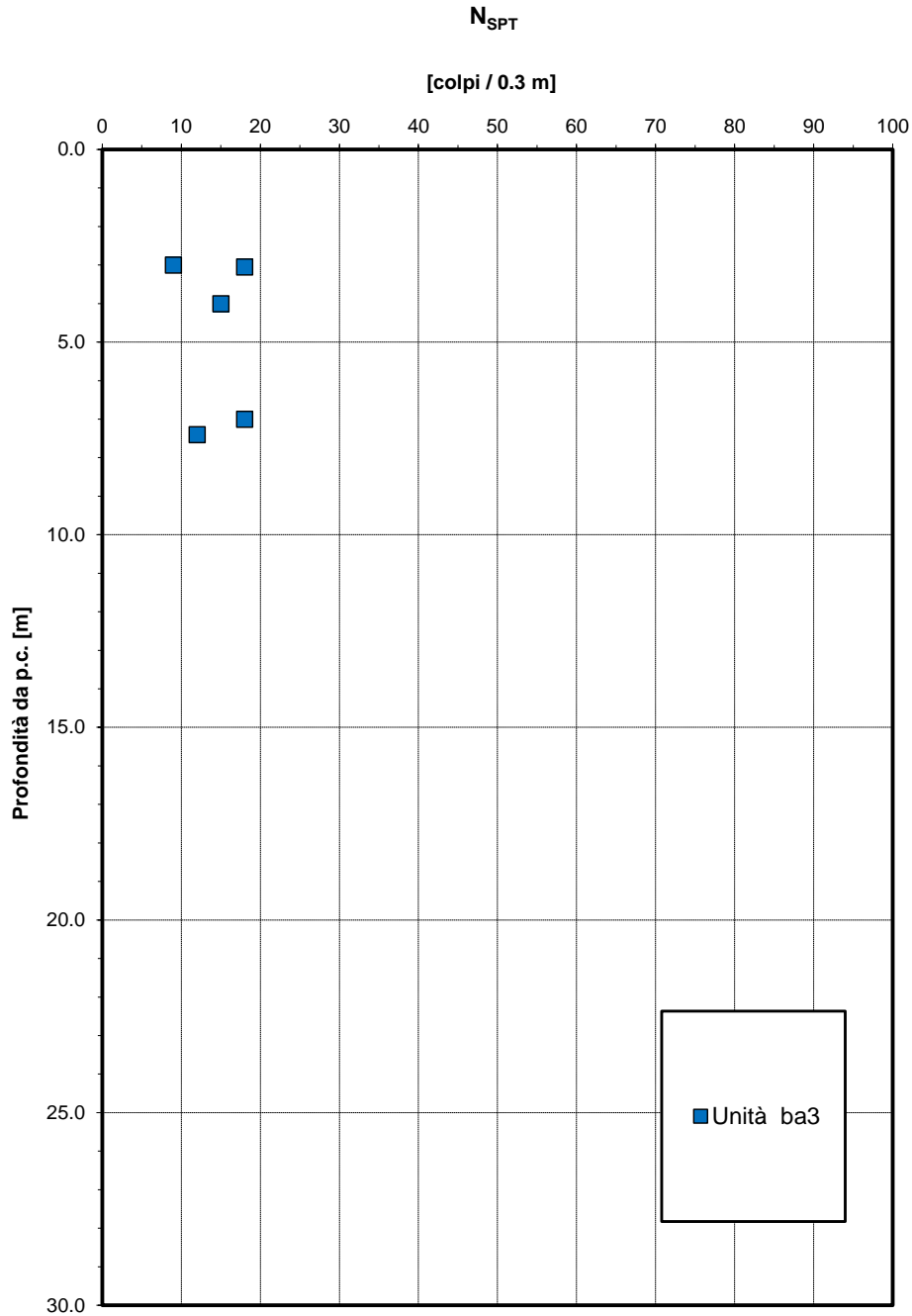
$G_0 = 150$  MPa                      modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_0 = 400$  MPa                      modulo di deformazione elastico iniziale

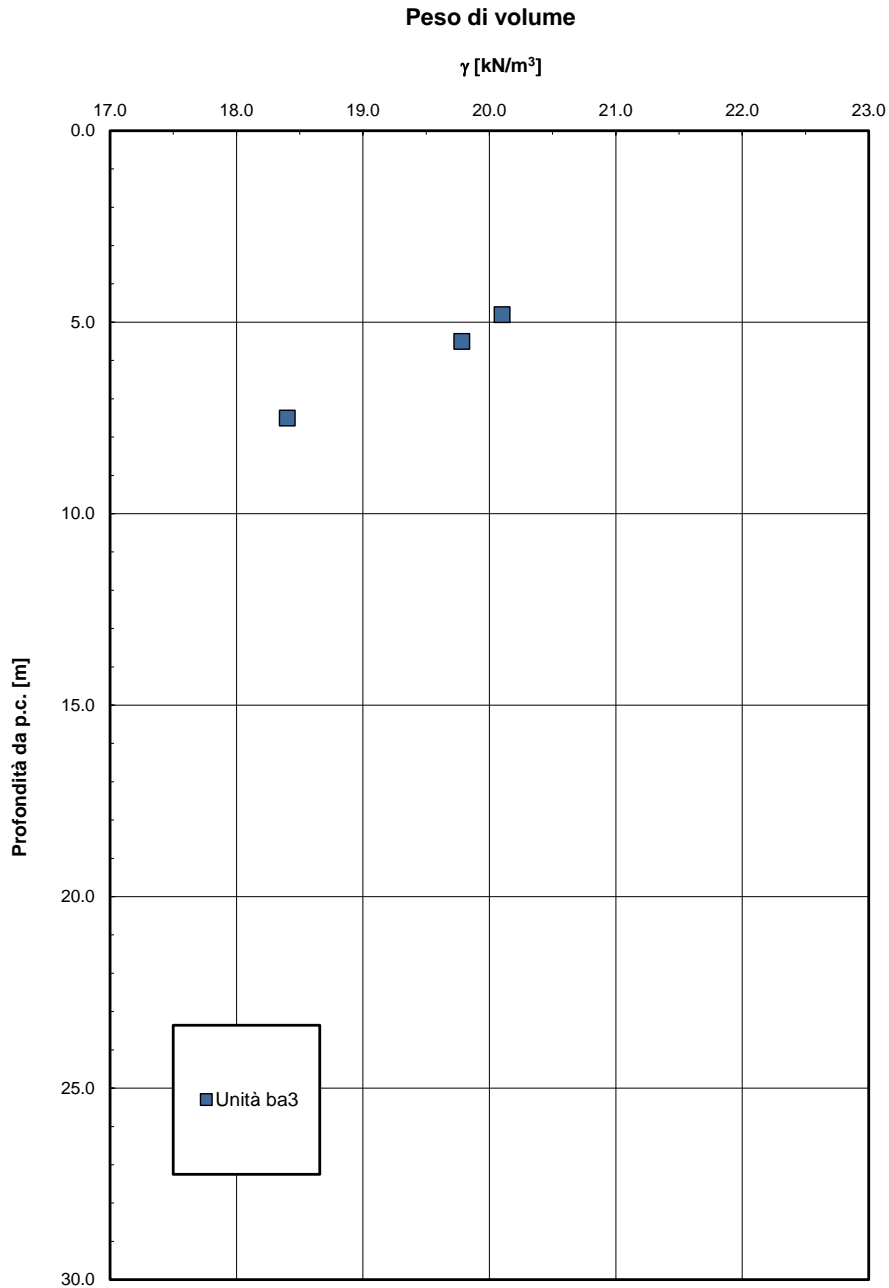
#### Caratteristiche di permeabilità:

In corrispondenza dell'unità è disponibile una prova di permeabilità Lefranc a carico variabile, che ha fornito un valore di permeabilità di  $8E^{-07}$  m/s (vedasi Figura 34).



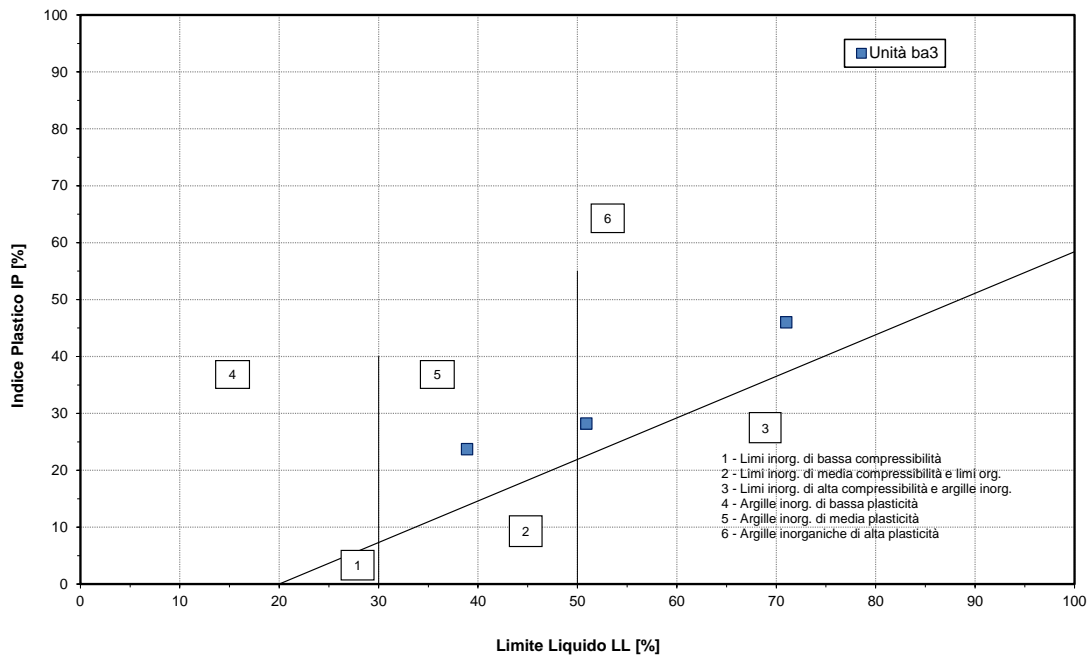


**Figura 4 – Valori di N<sub>spt</sub> – Unità ba3**



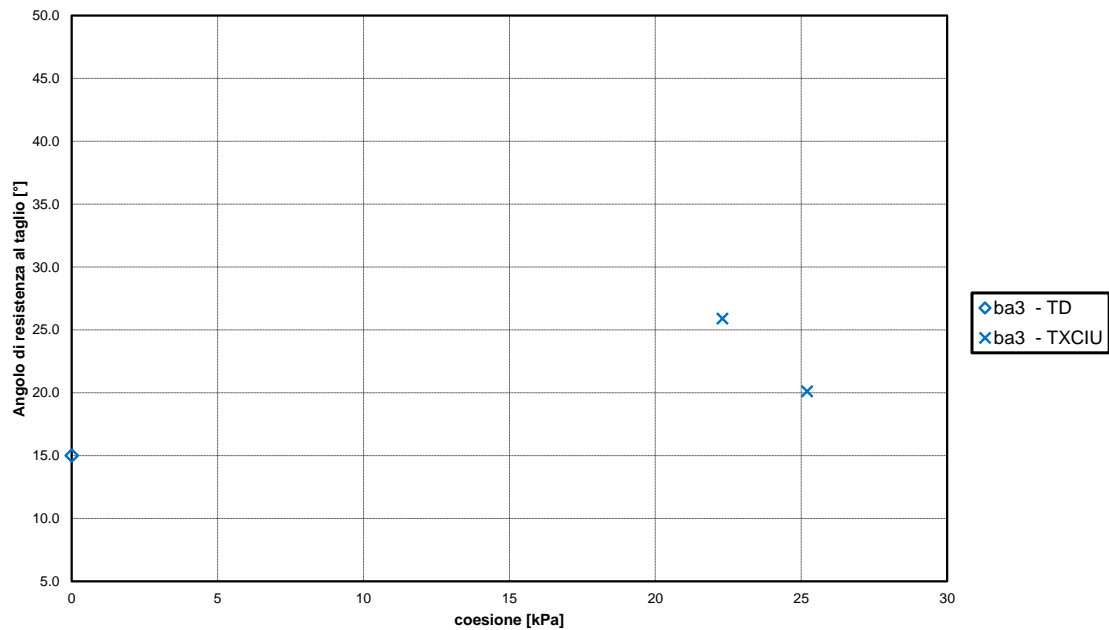
**Figura 5 – Peso di volume naturale – Unità ba3**

**Carta di Plasticità di Casagrande**

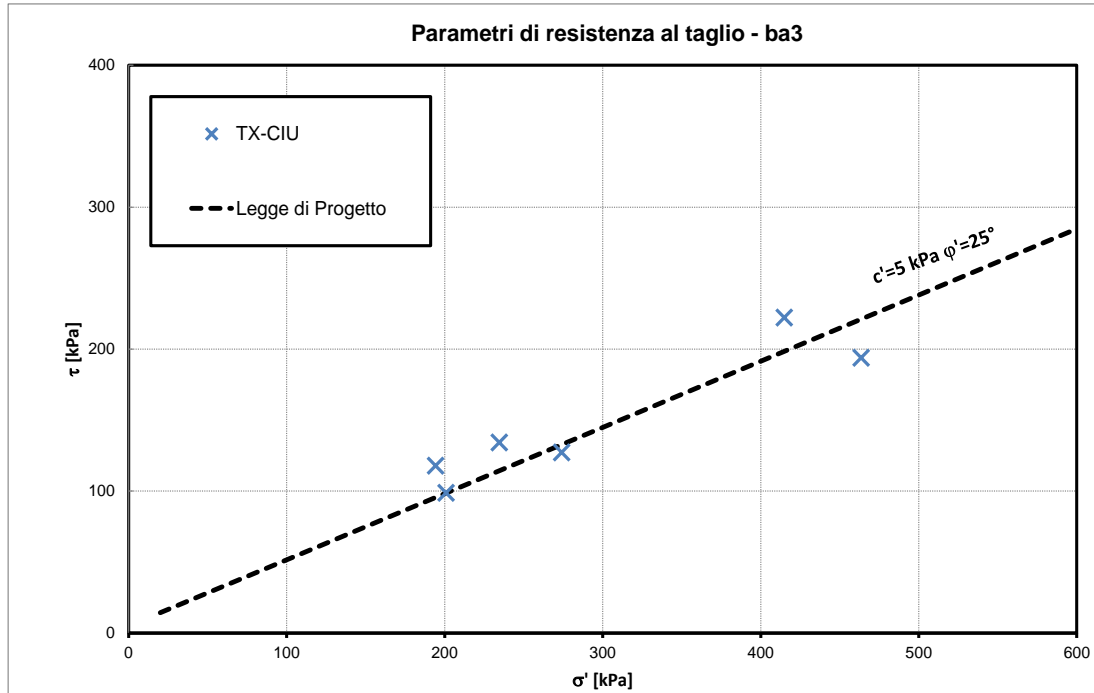


**Figura 6 – Carta di plasticità di Casagrande – Unità ba3**

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



**Figura 7 – Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio – Unità ba3**



**Figura 8 – Parametri di resistenza al taglio – Unità ba3**

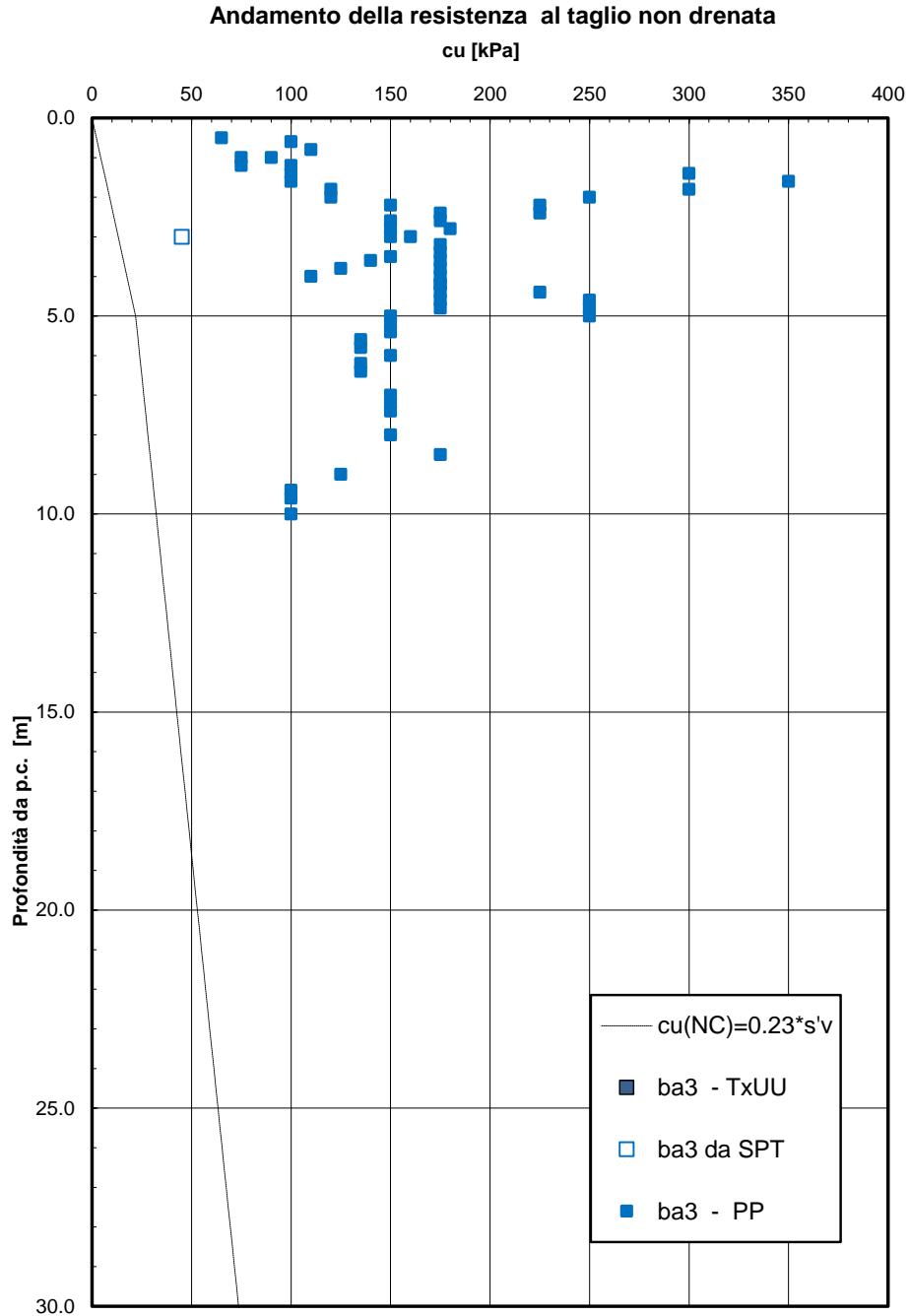
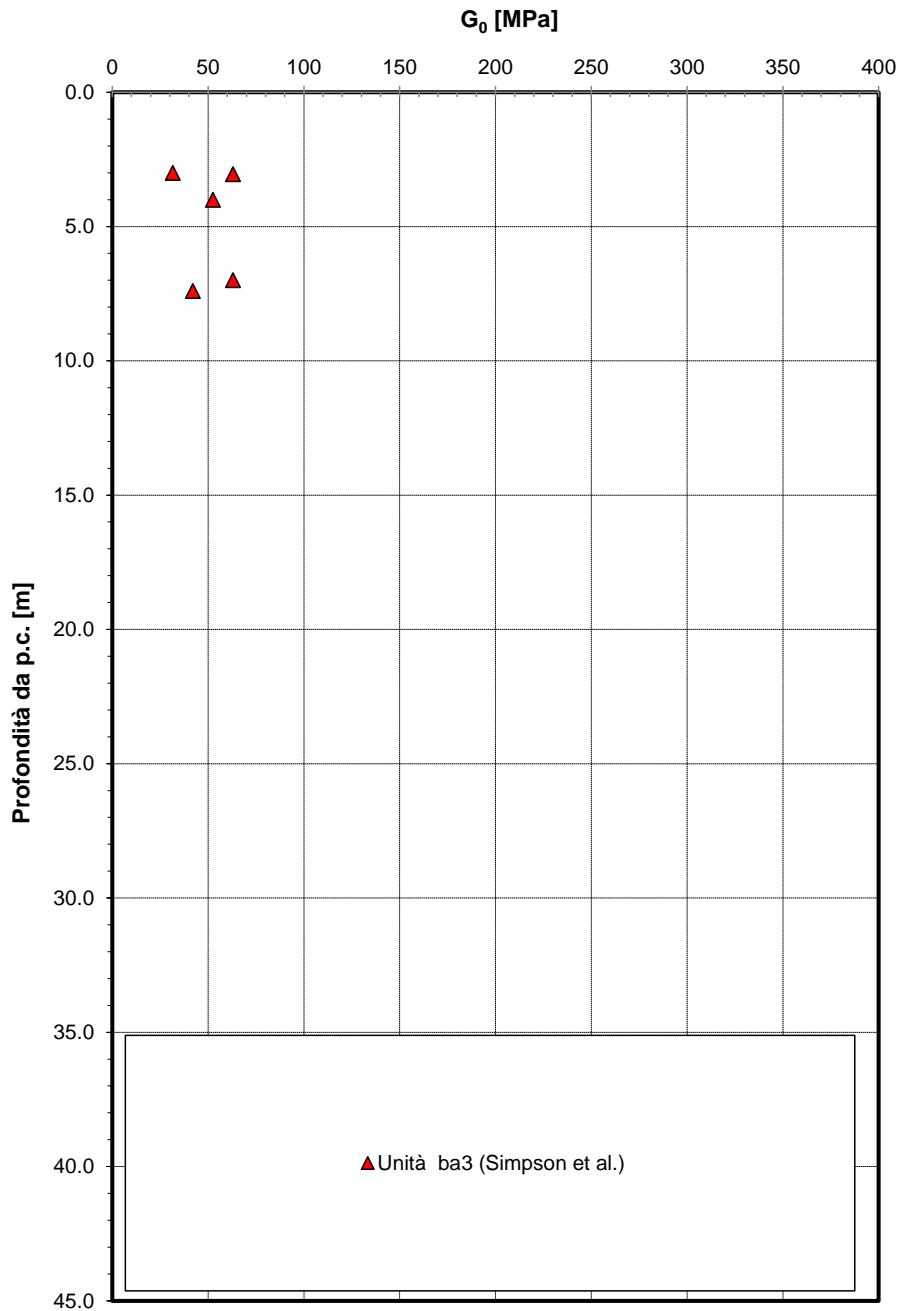


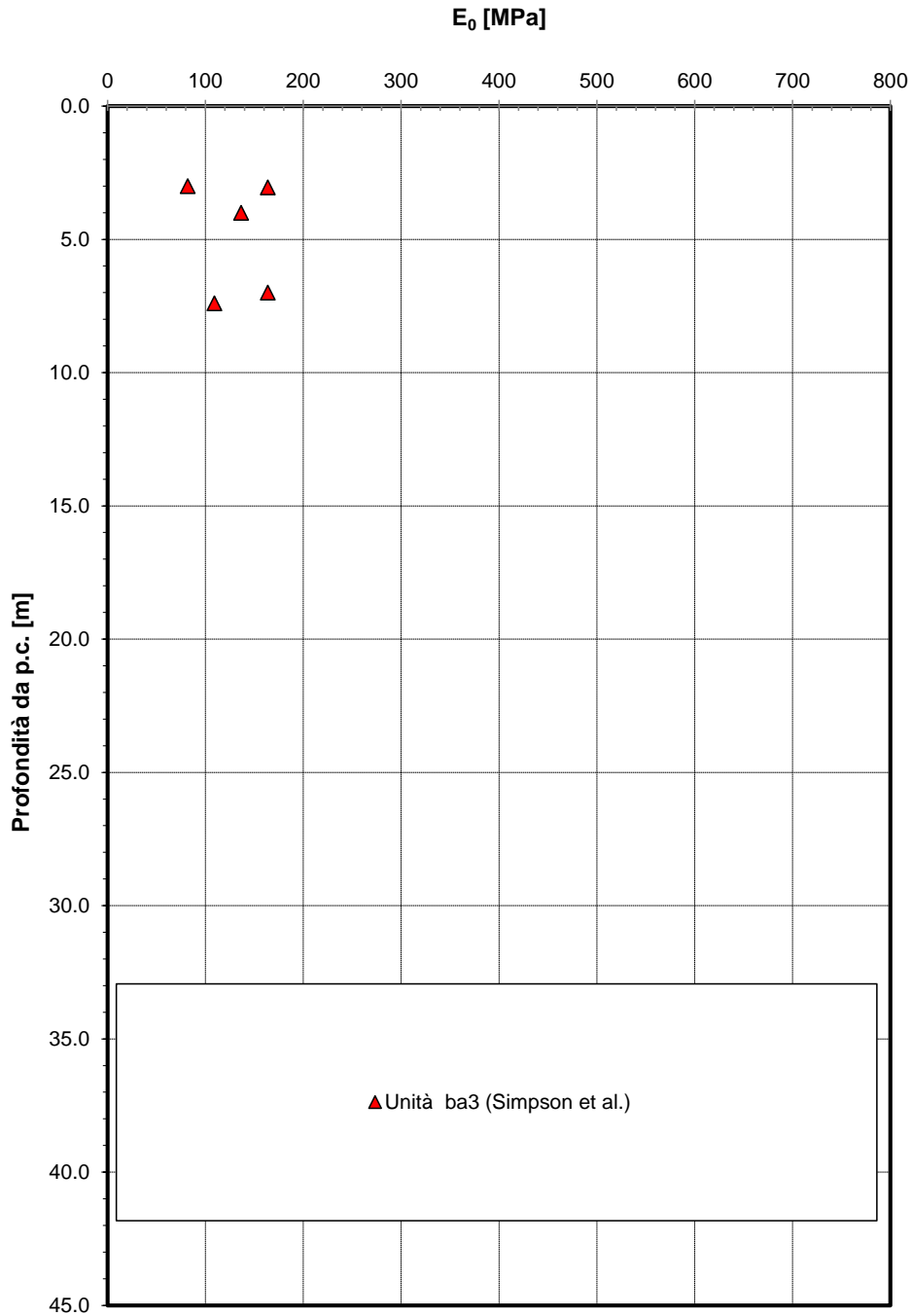
Figura 9 – Resistenza al taglio non drenata – Unità ba3

**Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e sismiche**



**Figura 10 – Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e sismiche – Unità ba3**

**Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche**



**Figura 11 – Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT – Unità ba3**

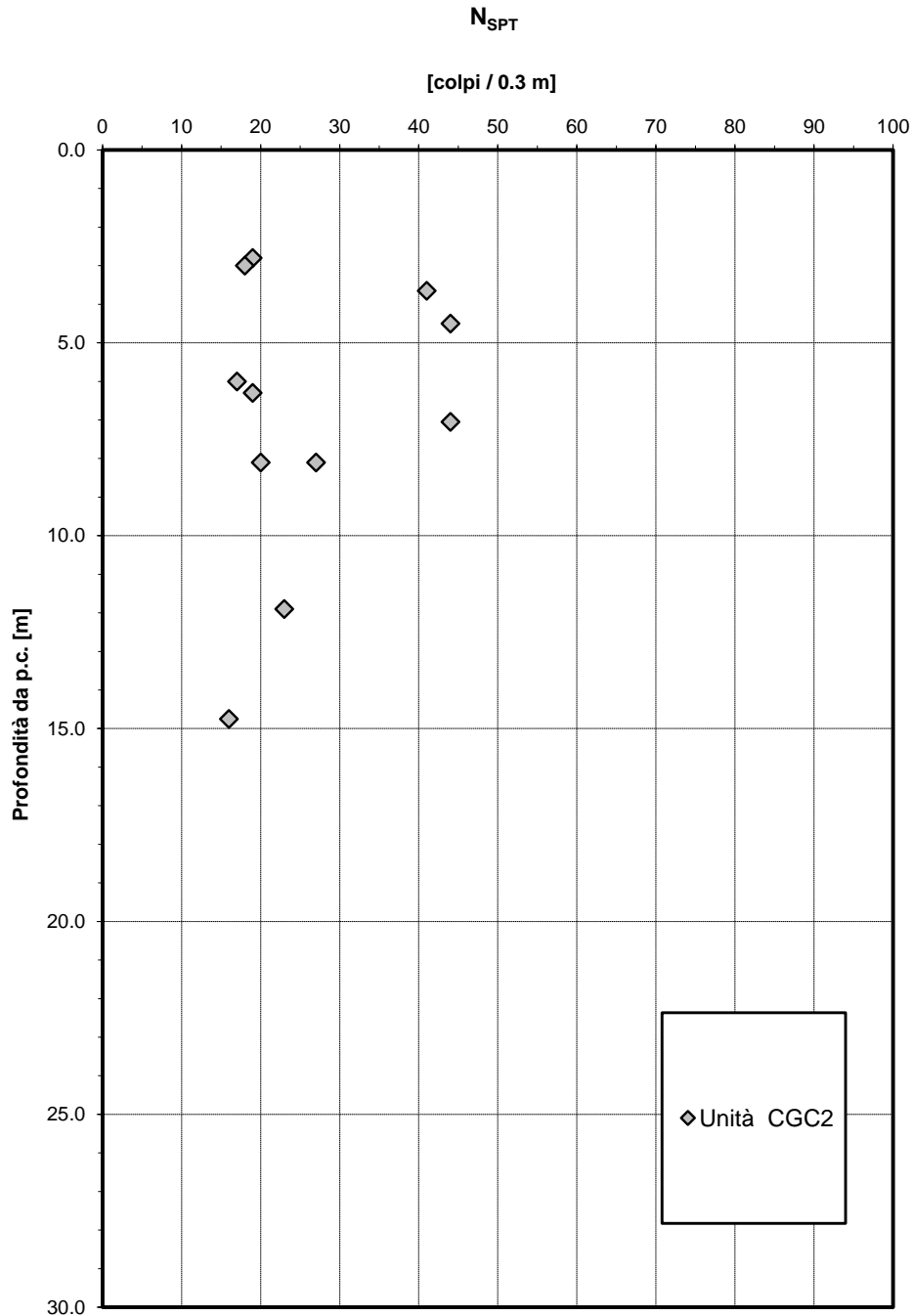
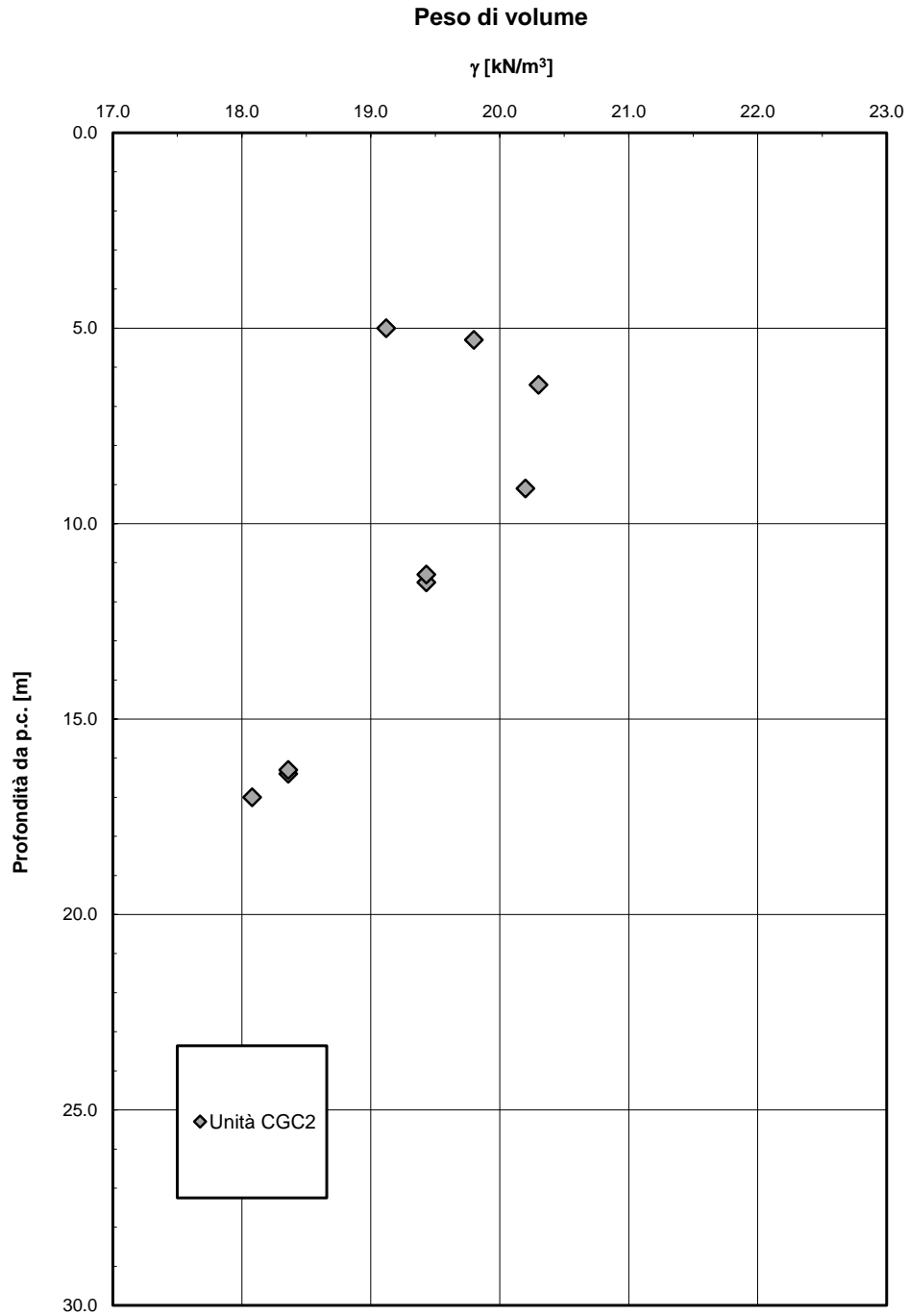


Figura 12 – Valori di N<sub>spt</sub> – Unità CGC2





**Figura 13 – Peso di volume naturale – Unità CGC2**

### Andamento della coesione con la profondità

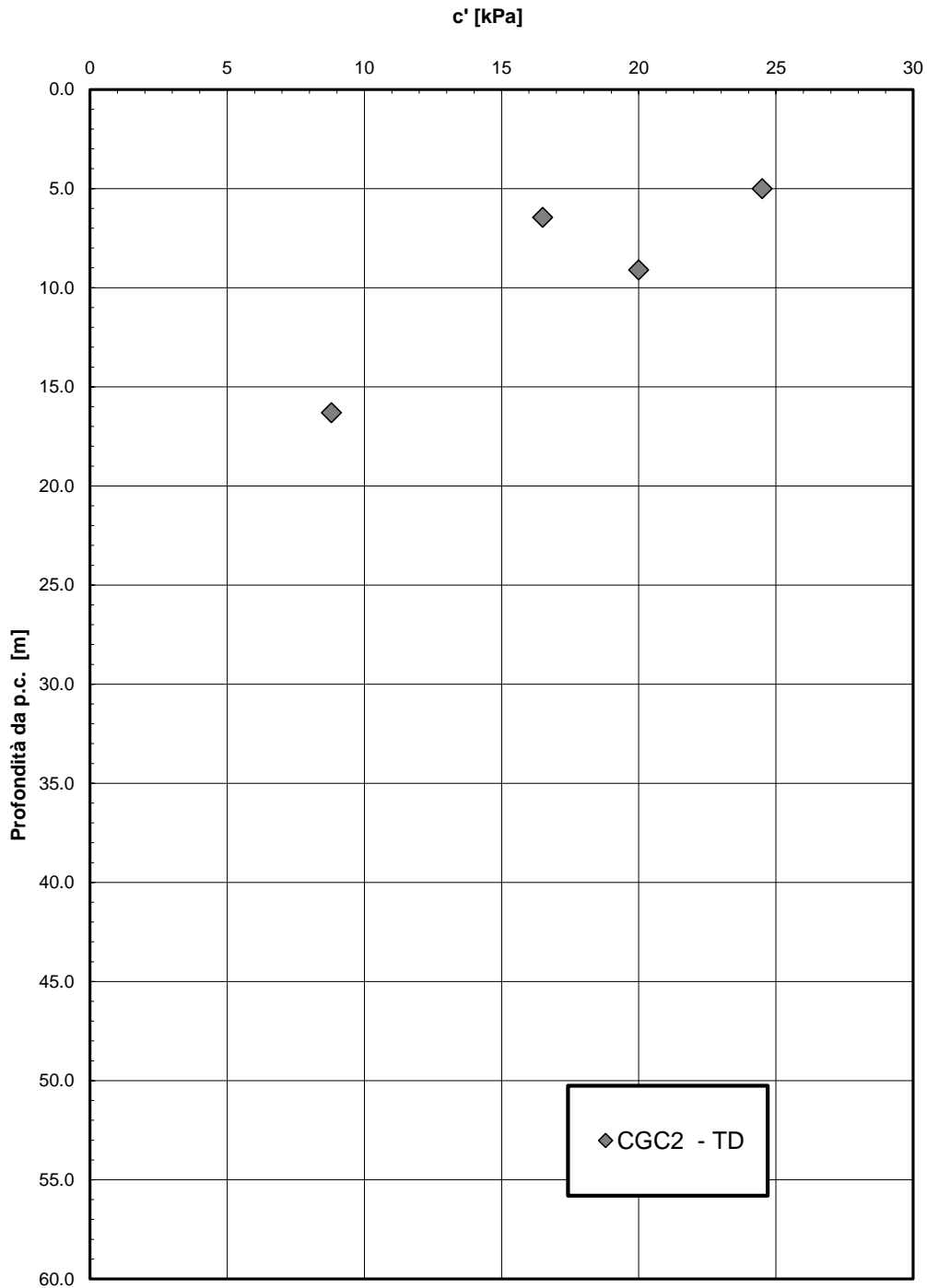
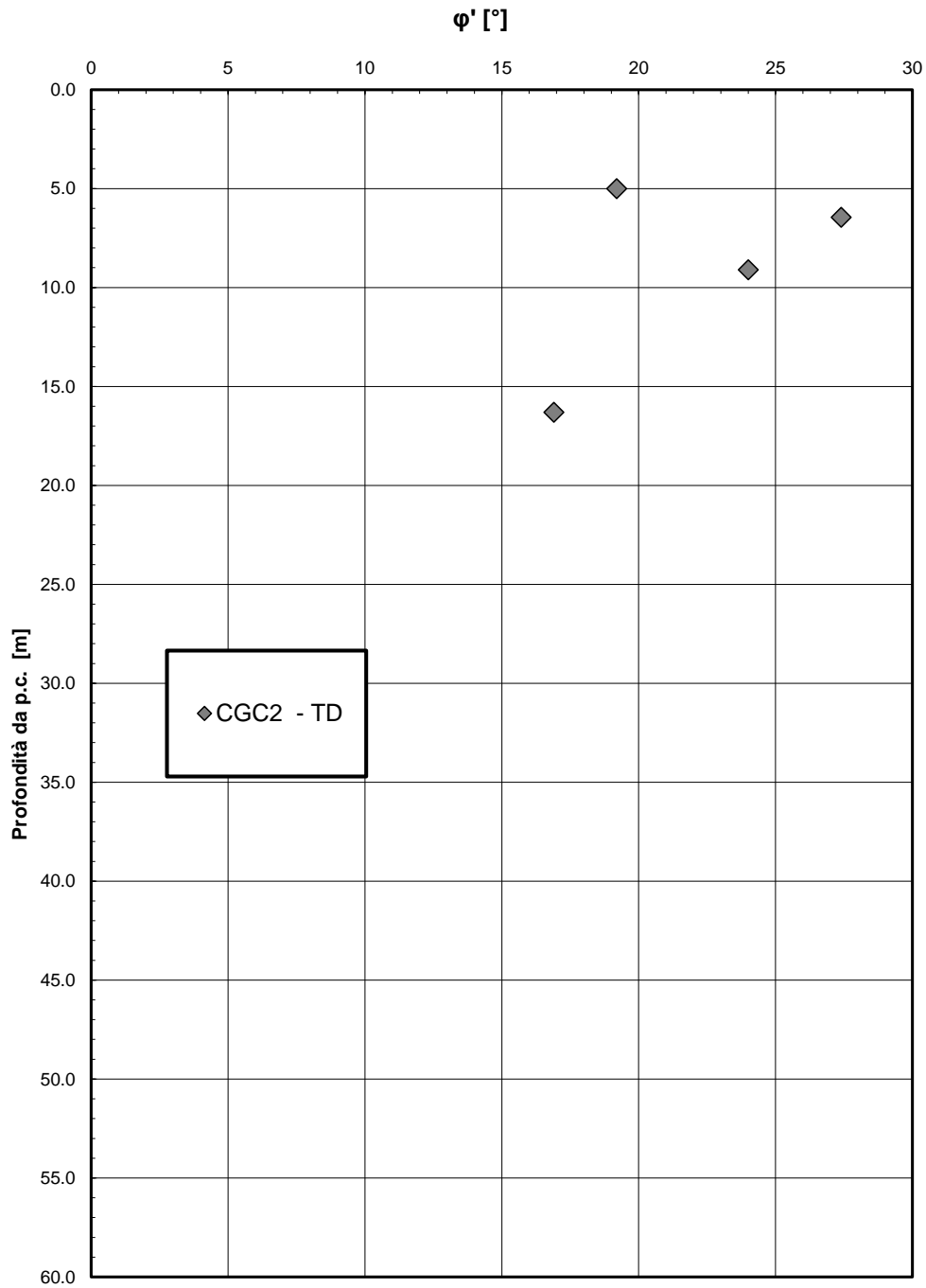


Figura 14 – Andamento della coesione con la profondità – Unità CGC2

**Andamento della resistenza al taglio con la profondità**



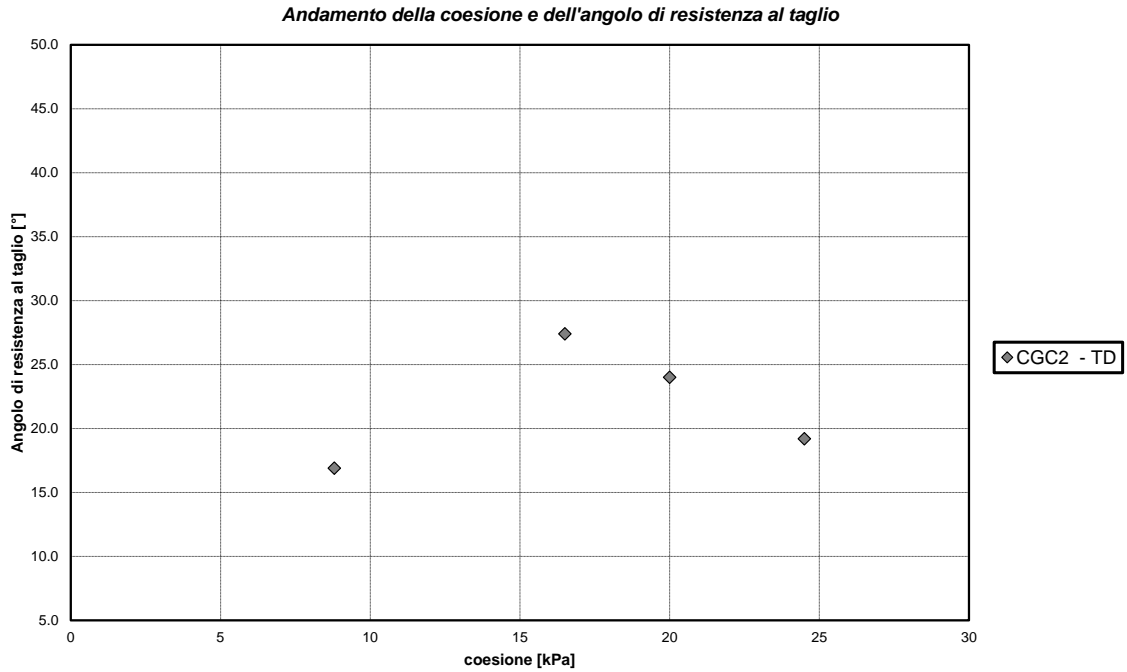
**Figura 15 – Andamento della resistenza al taglio con la profondità – Unità CGC2**



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	44 di 110



**Figura 16 – Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio – Unità CGC2**

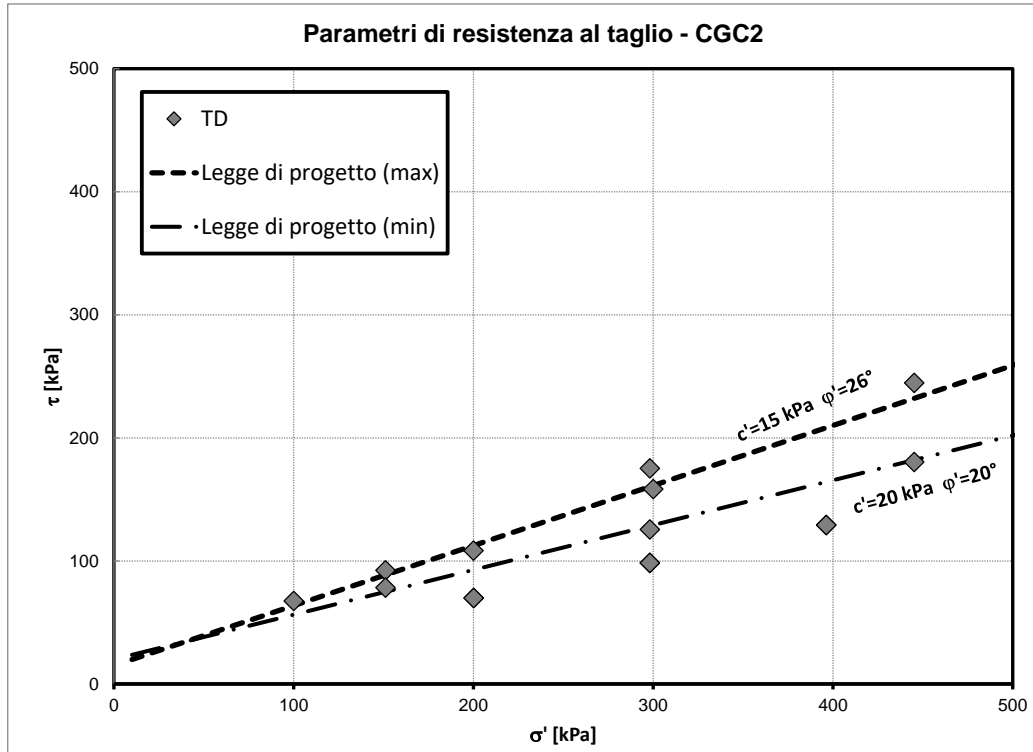
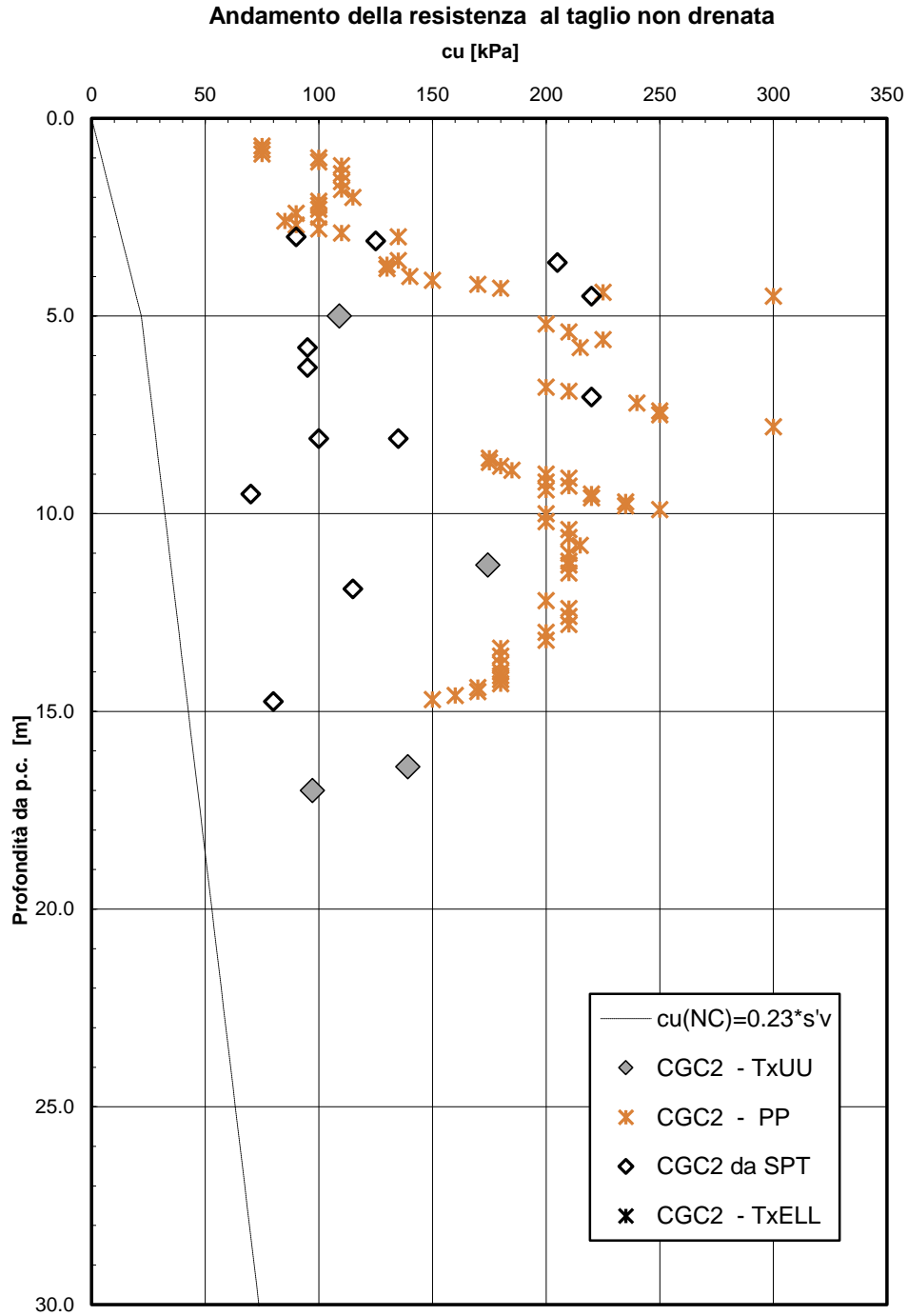
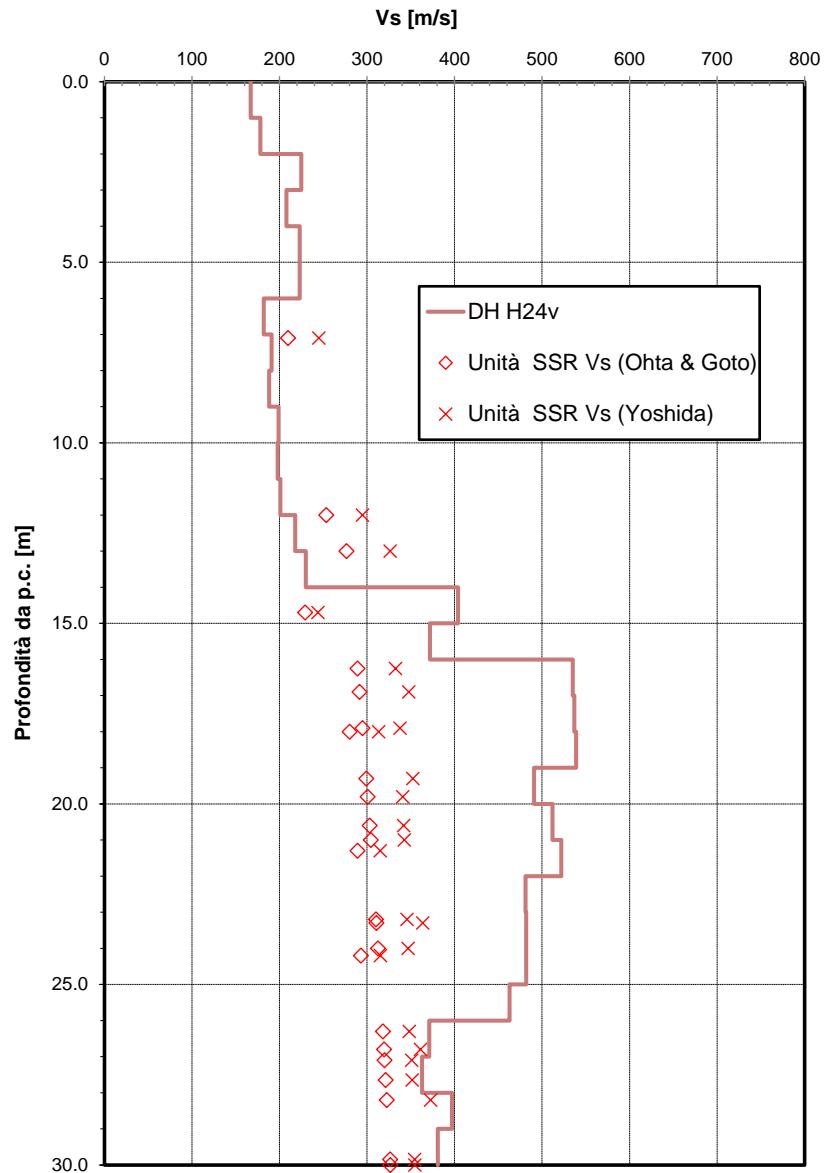


Figura 17 – Parametri di resistenza al taglio – Unità CGC2



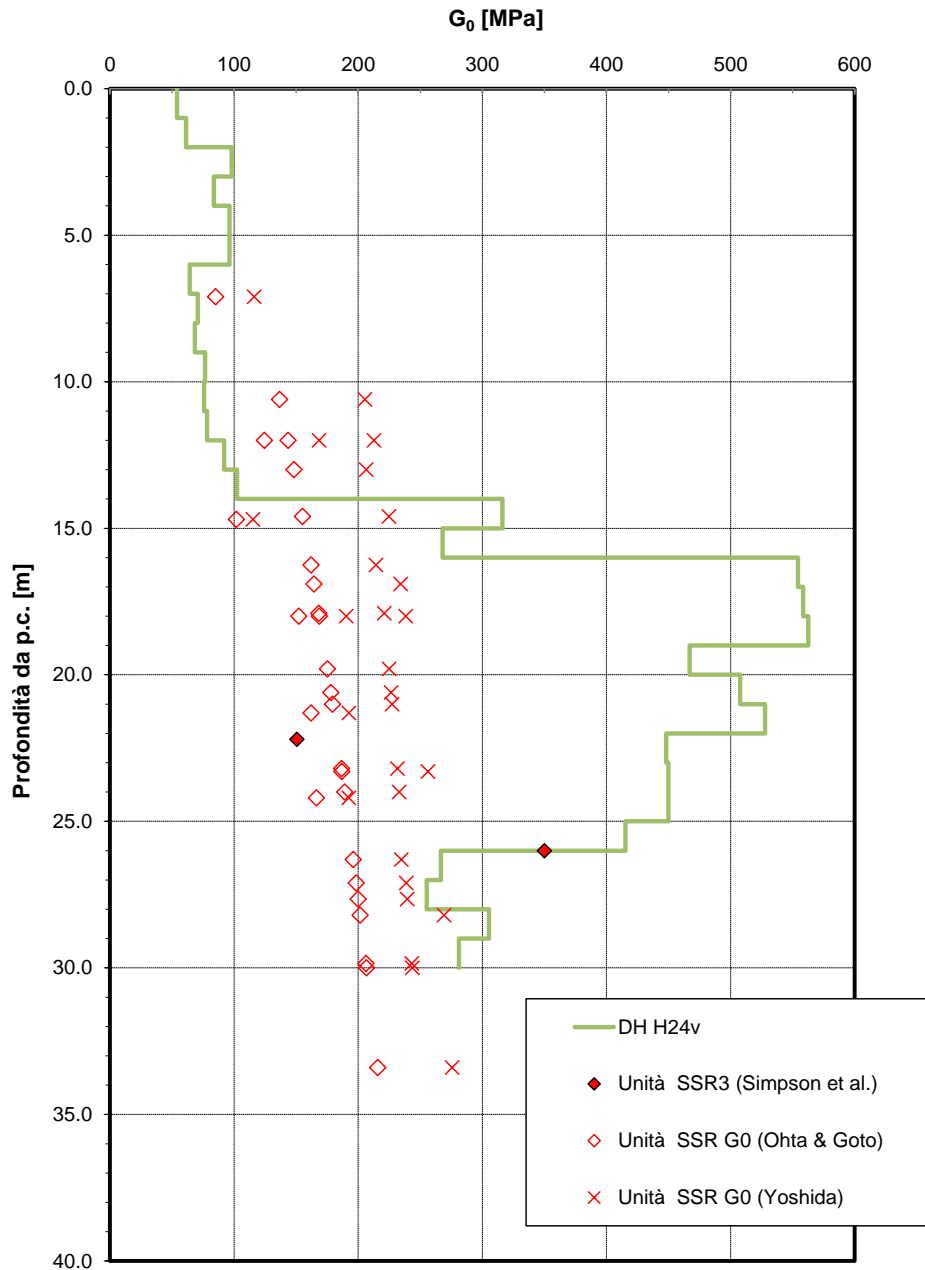
**Figura 18 – Andamento della resistenza al taglio non drenata – Unità CGC2**

**Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche**



**Figura 19 – Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche – Unità SSR, CGC2**

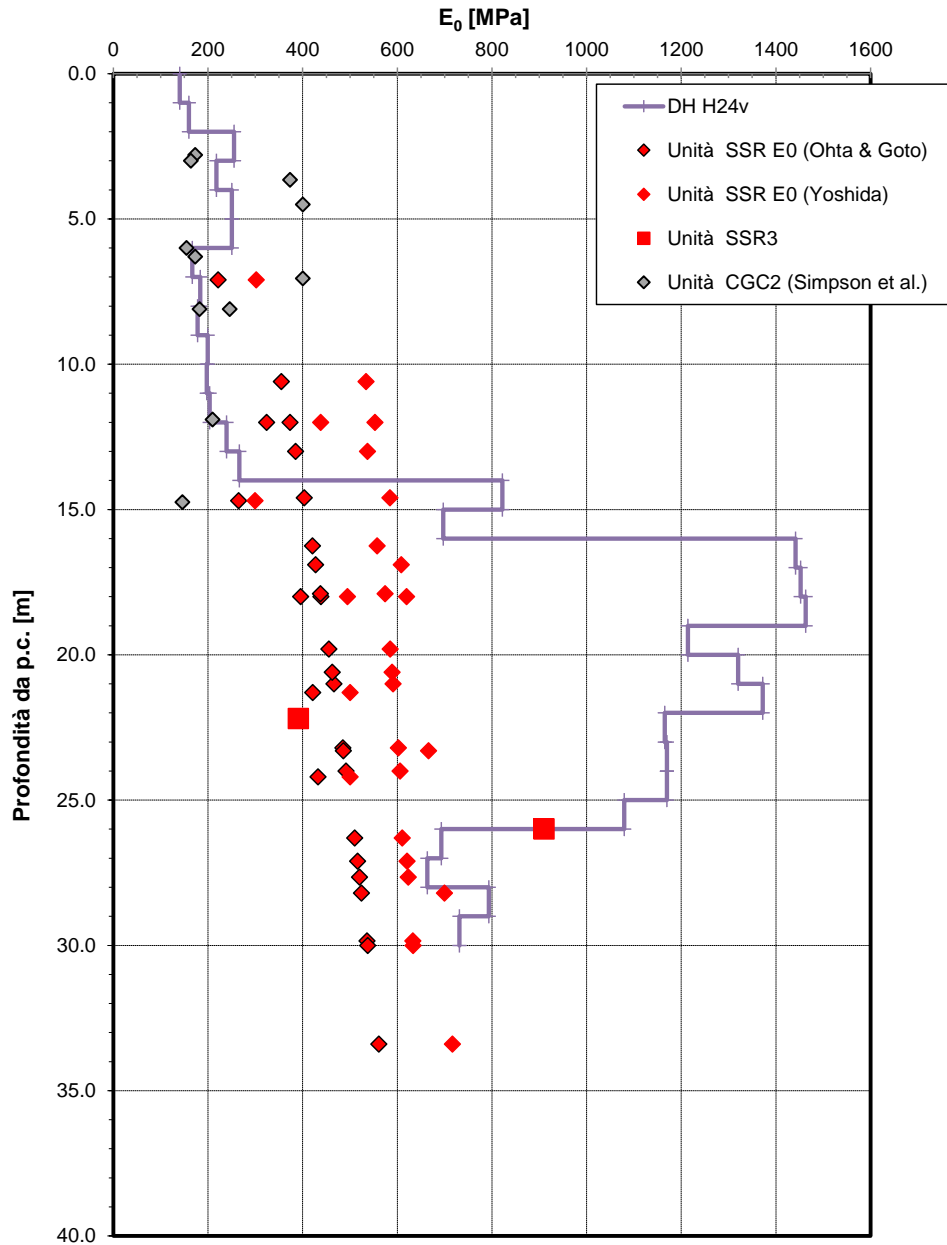
**Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e sismiche**



**Figura 20 – Modulo di deformazione a taglio iniziale da SPT – Unità CGC2, SSR, SSR3**



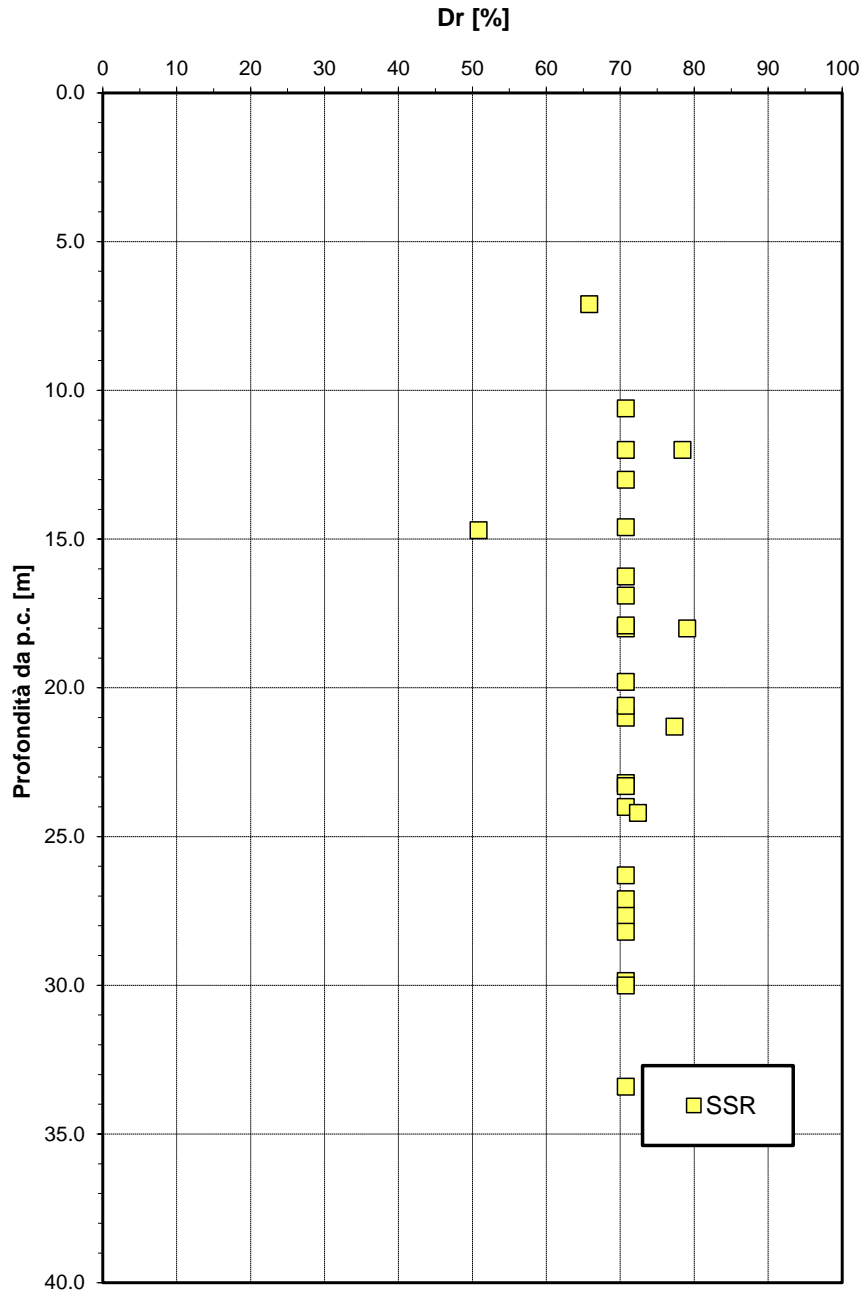
**Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche**



**Figura 21 – Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT – Unità CGC2, SSR, SSR3**

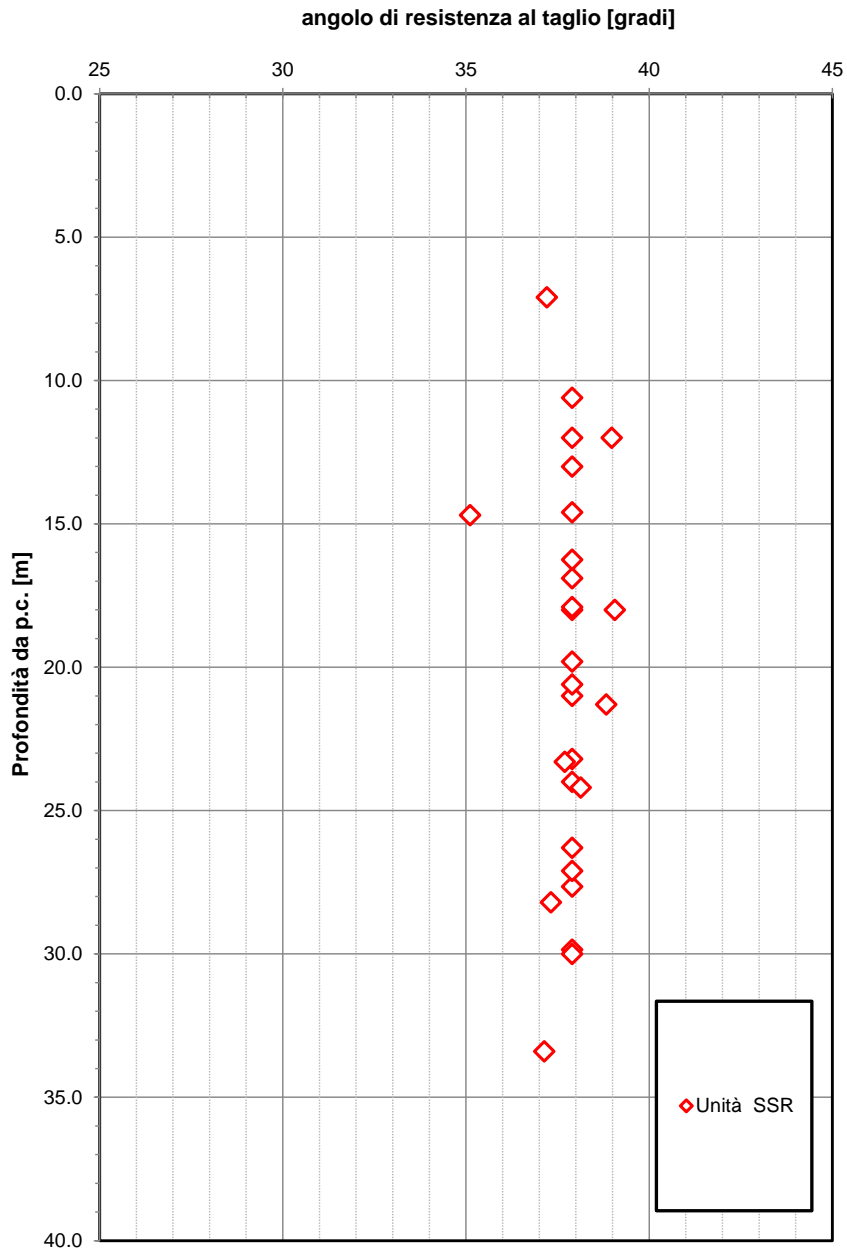


**Densità relativa da prove SPT**



**Figura 23 – Densità relativa da prove SPT – Unità SSR**

**Angolo di resistenza al taglio da prove SPT**



**Figura 24 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT – Unità SSR**

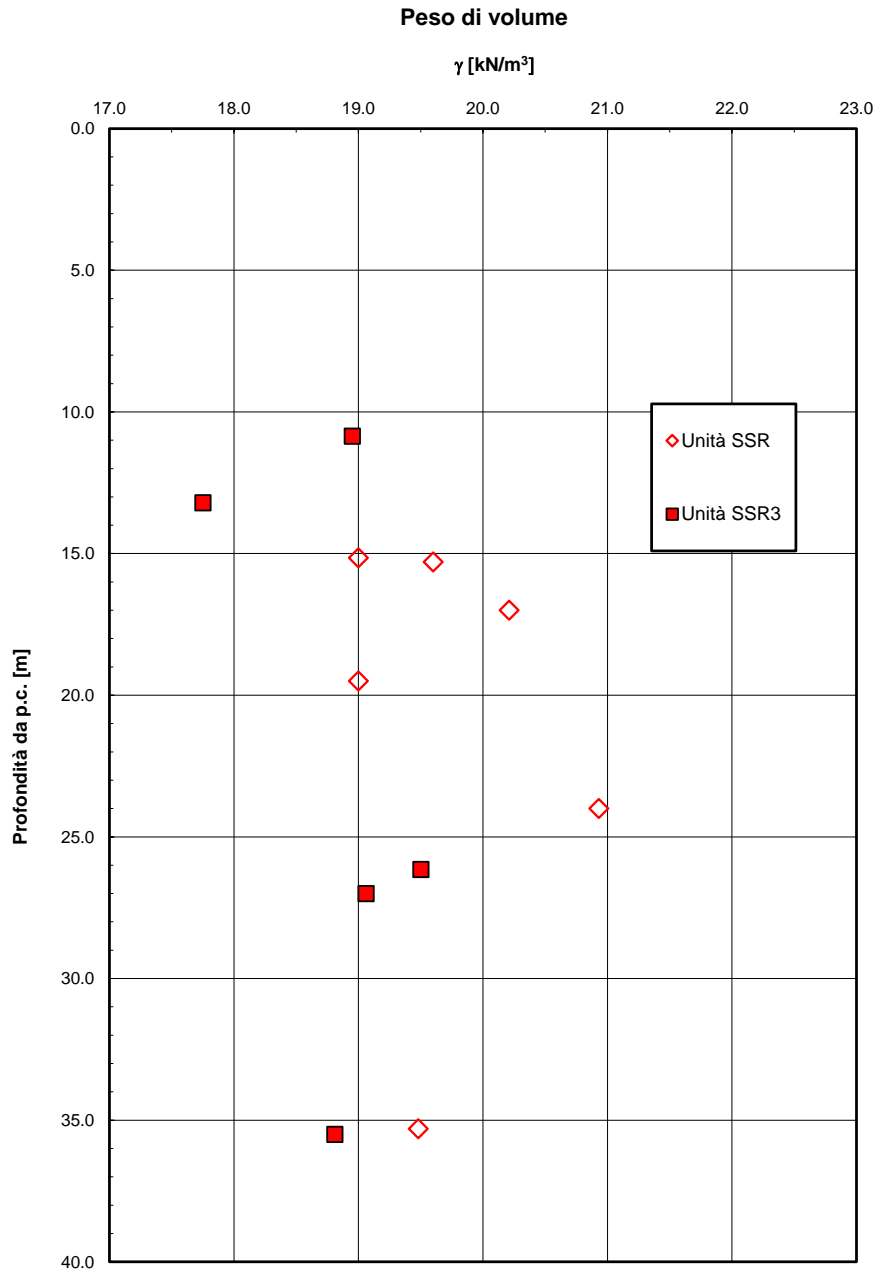
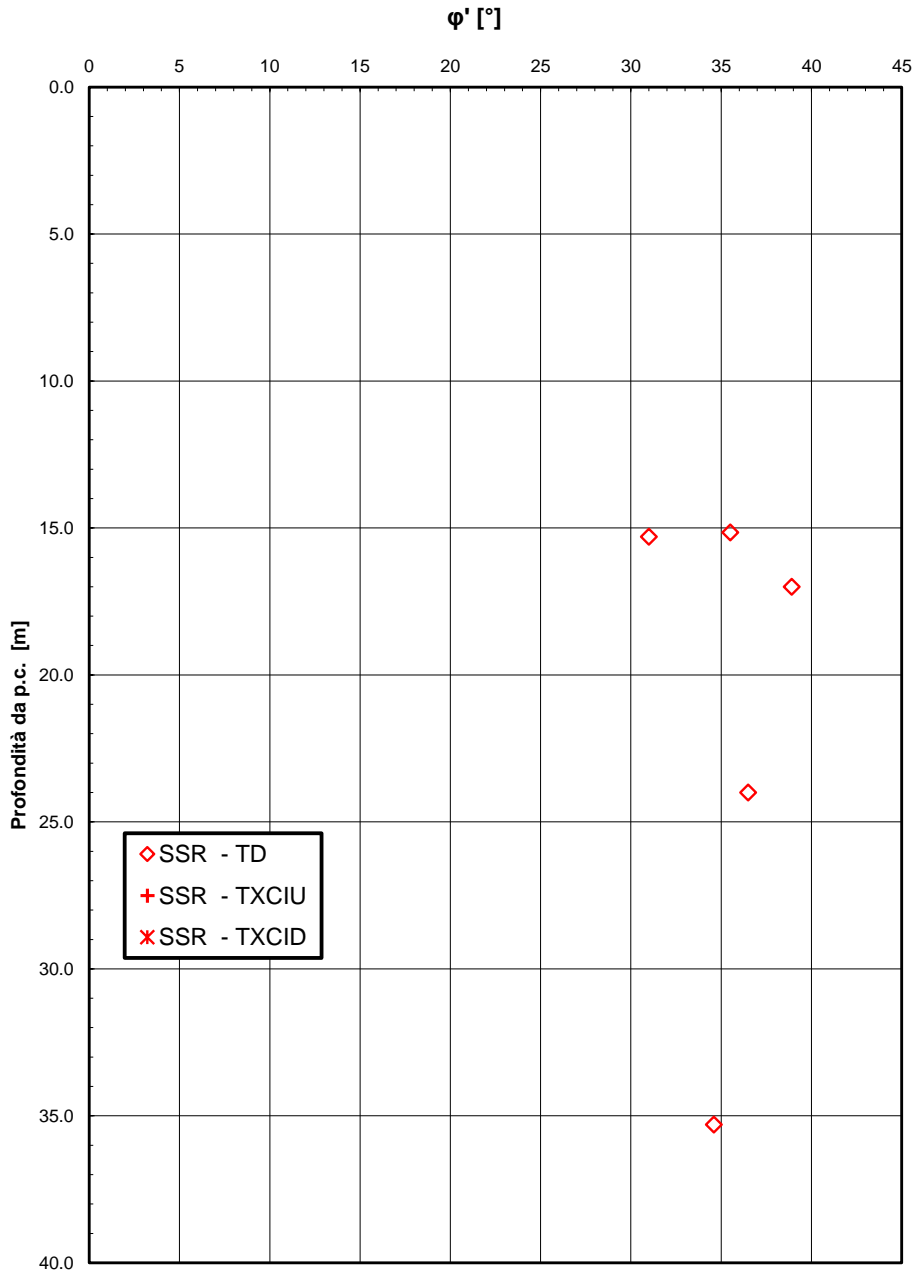


Figura 25 – Peso di volume naturale – Unità SSR, SSR3

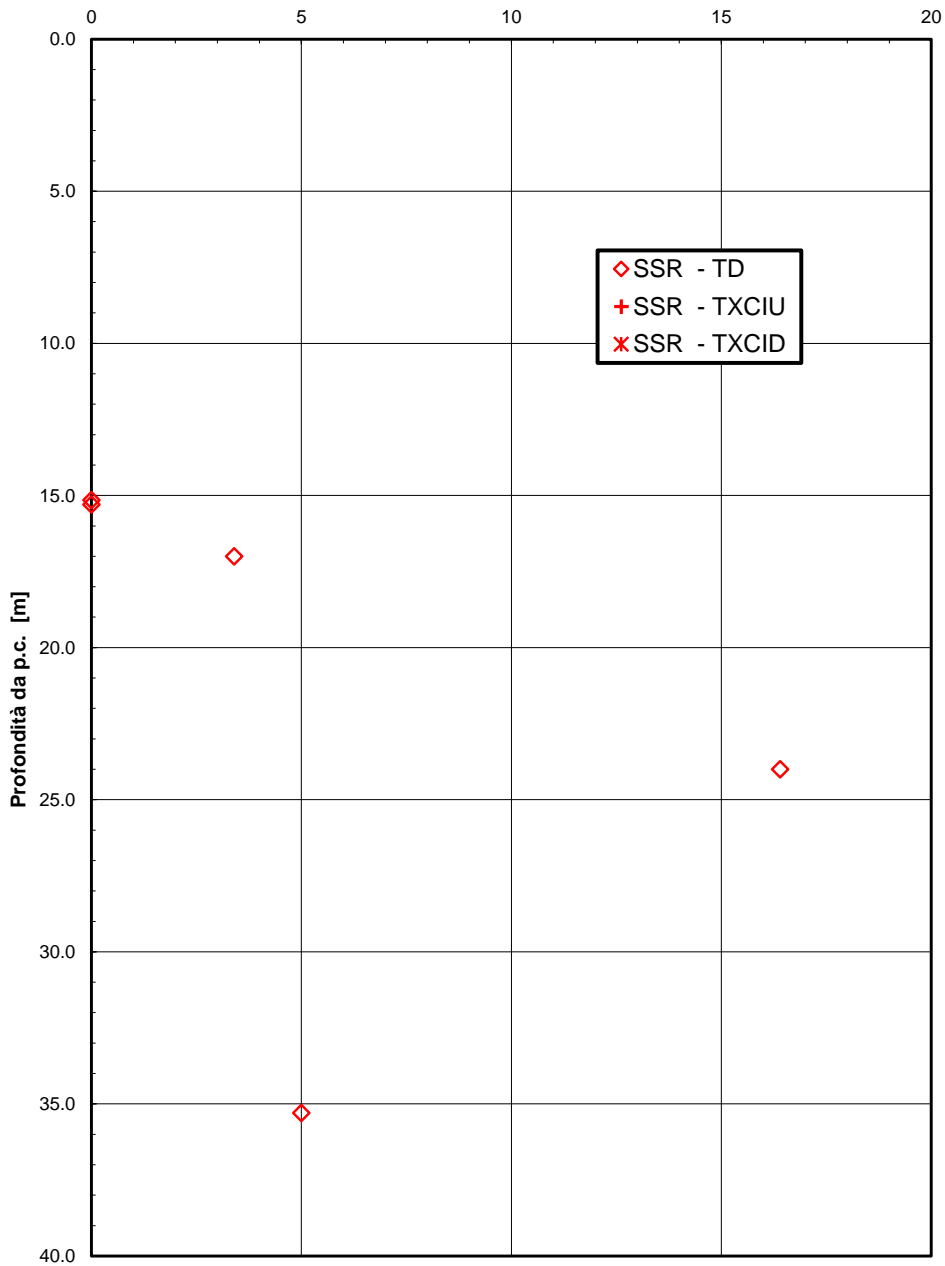
**Andamento della resistenza al taglio con la profondità**



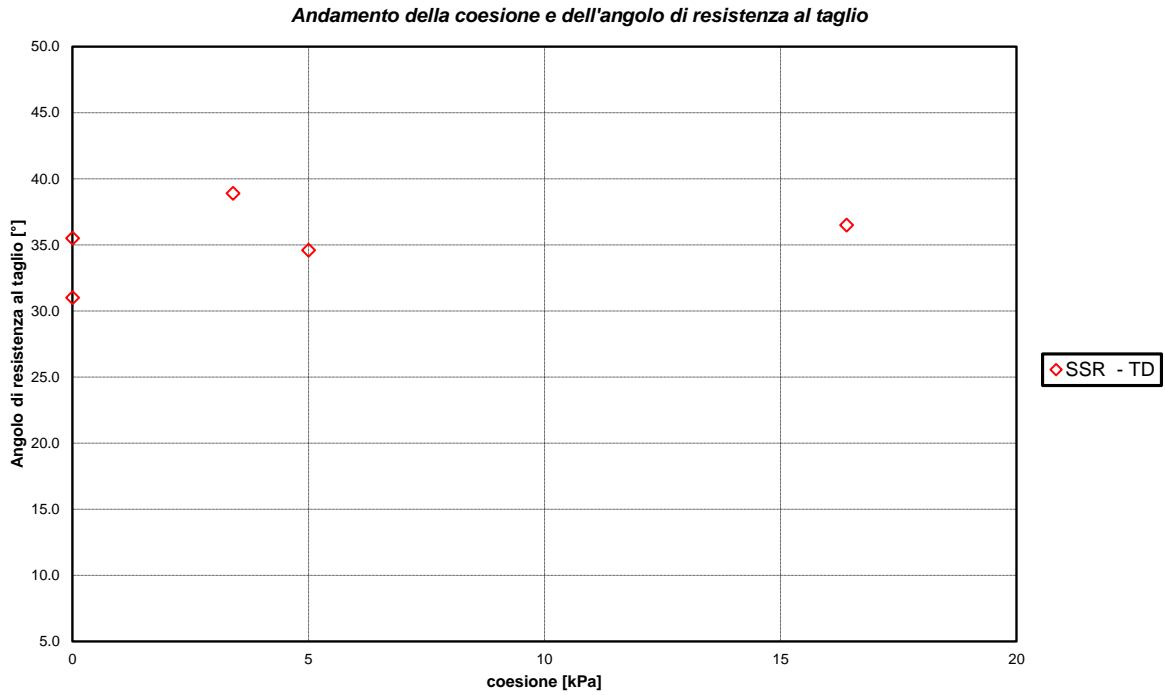
**Figura 26 – Angolo di resistenza al taglio da laboratorio – Unità SSR**

**Andamento della coesione con la profondità**

$c'$  [kPa]



**Figura 27 – coesione drenata da laboratorio – Unità SSR**



**Figura 28 – Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio – Unità SSR**



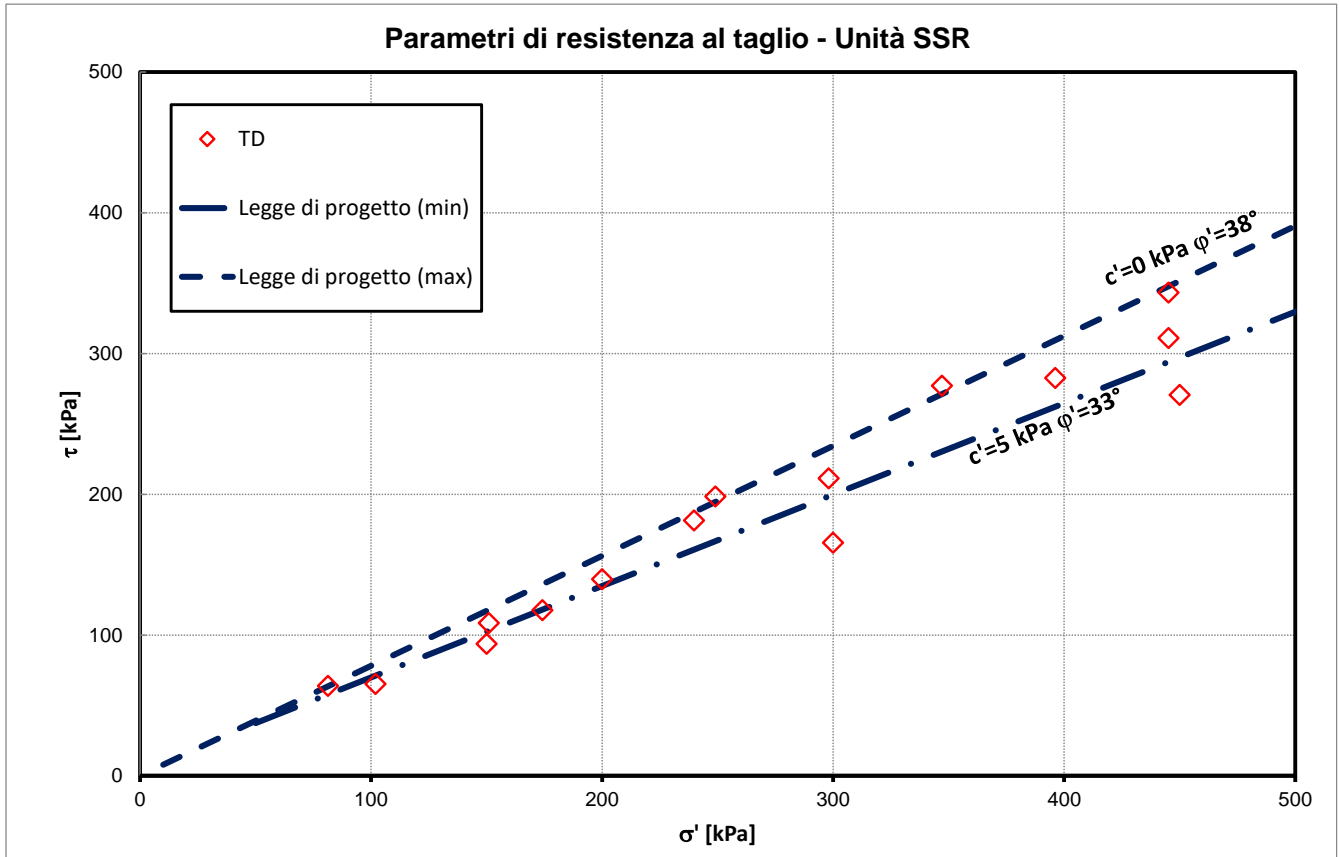
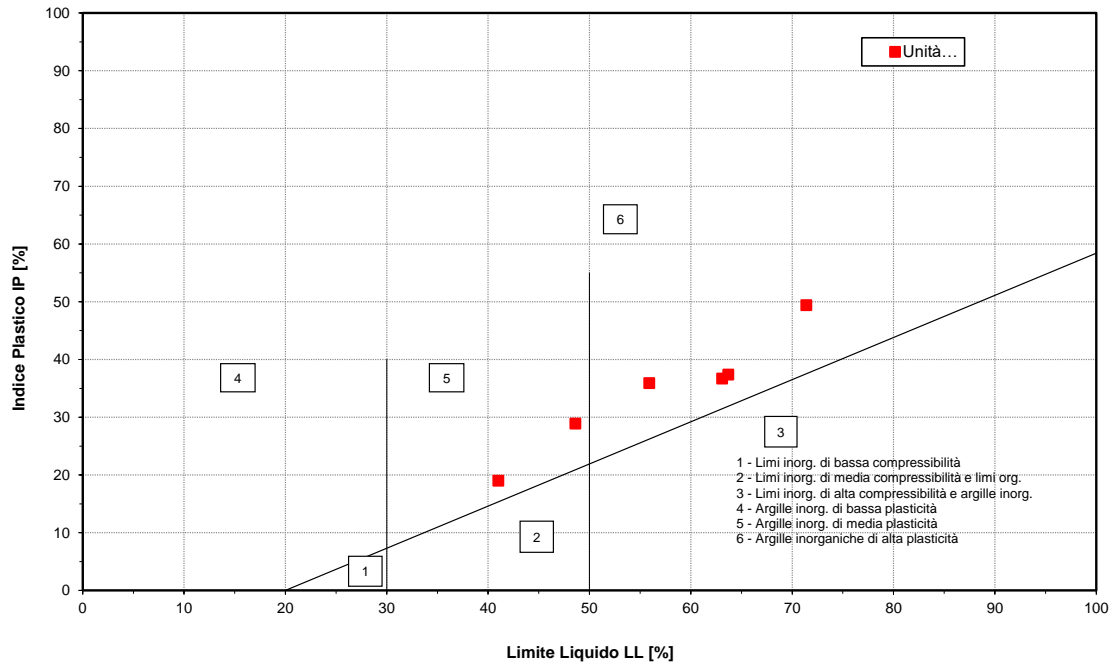


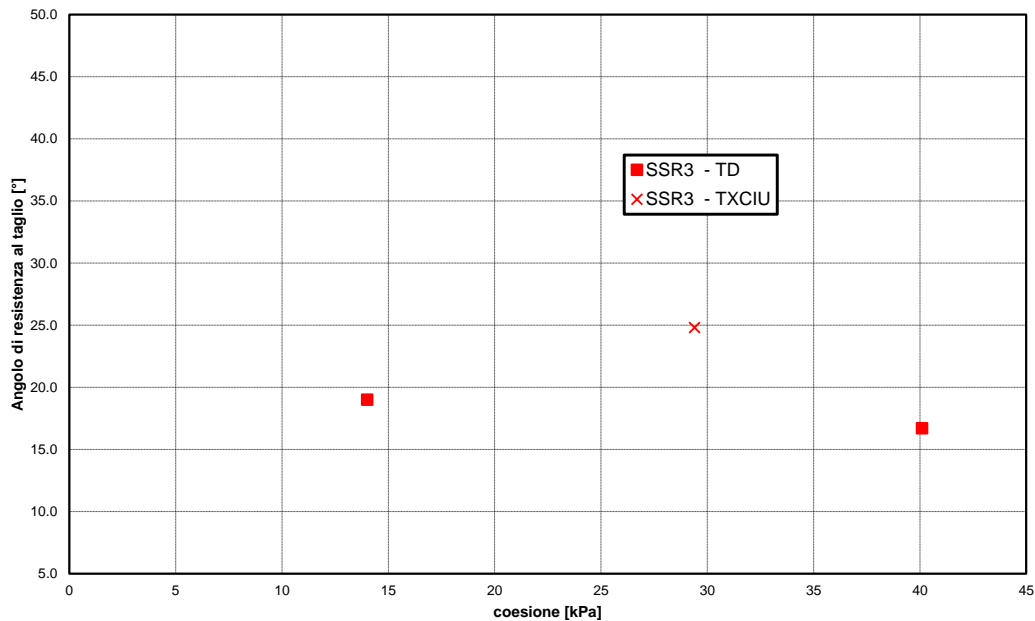
Figura 29 – Parametri di resistenza al taglio – Unità SSR

**Carta di Plasticità di Casagrande**

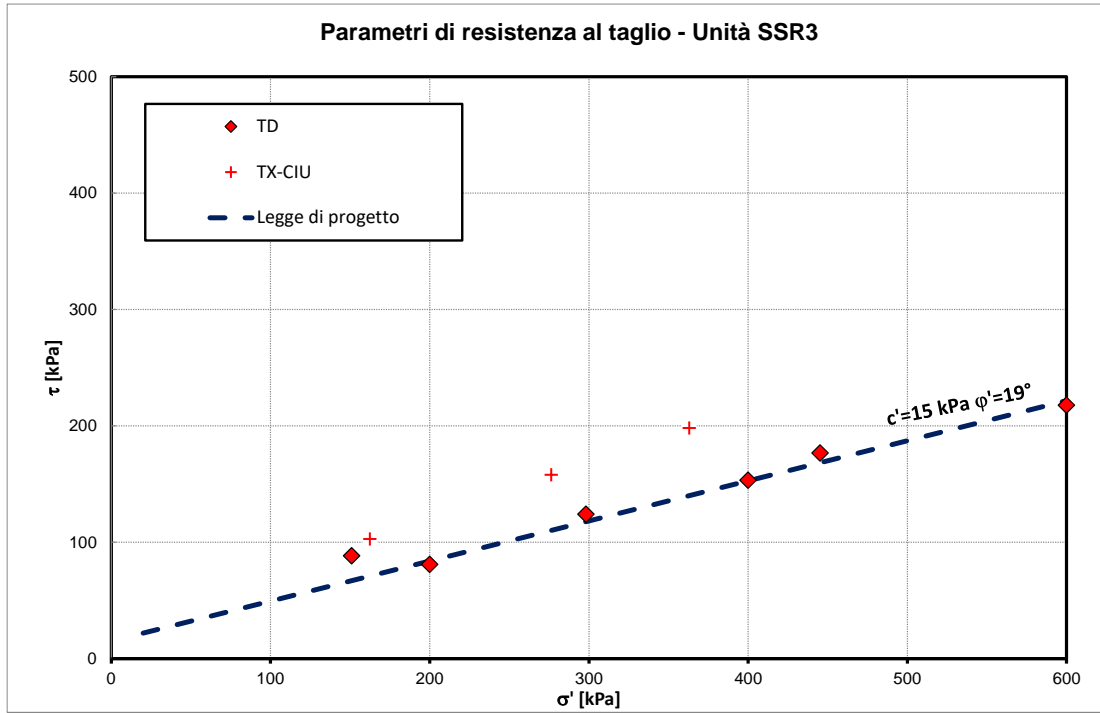


**Figura 30 – Carta di plasticità di Casagrande – Unità SSR3**

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



**Figura 31 – Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio – Unità SSR3**



**Figura 32 – Parametri di resistenza al taglio – Unità SSR3**

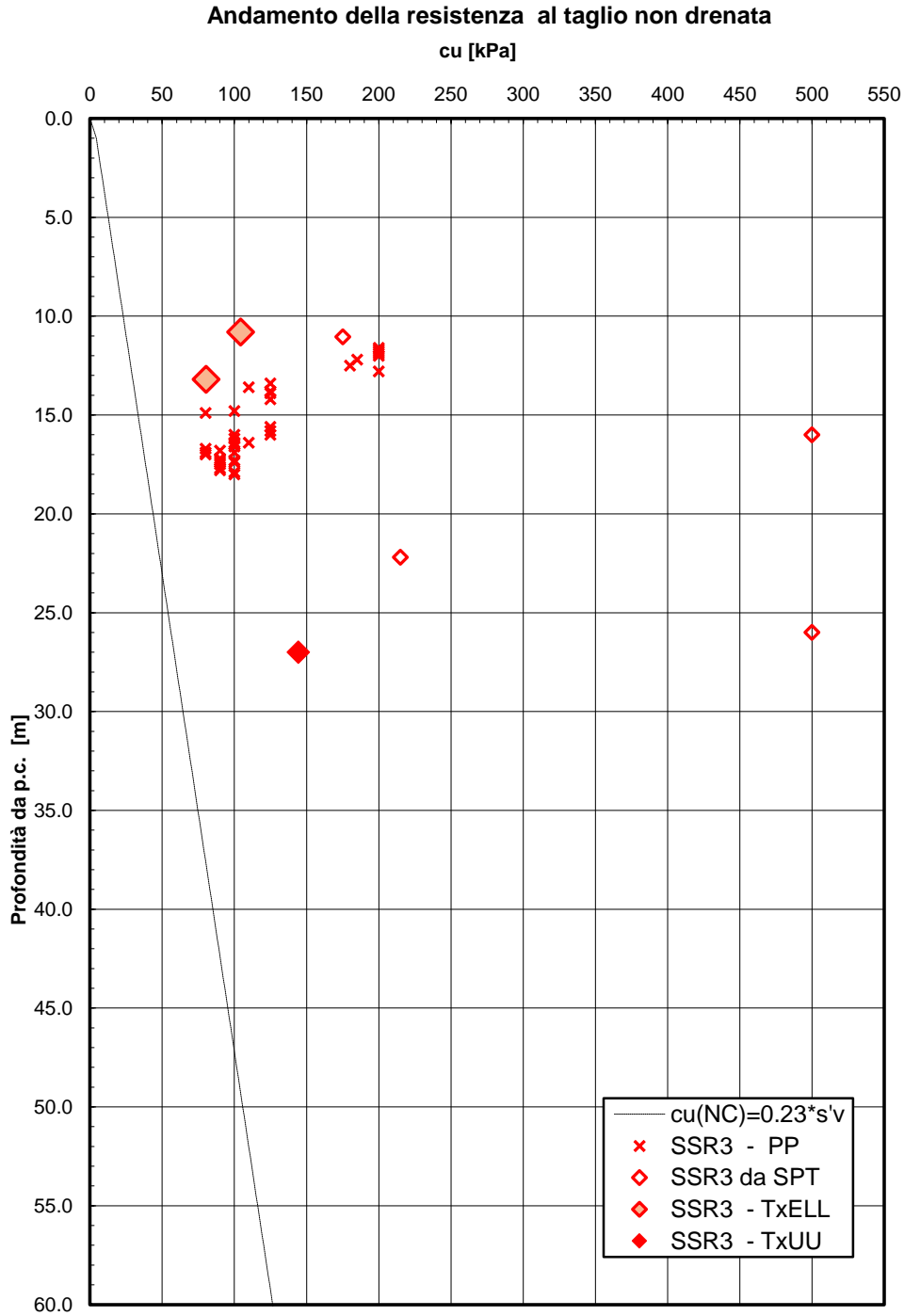
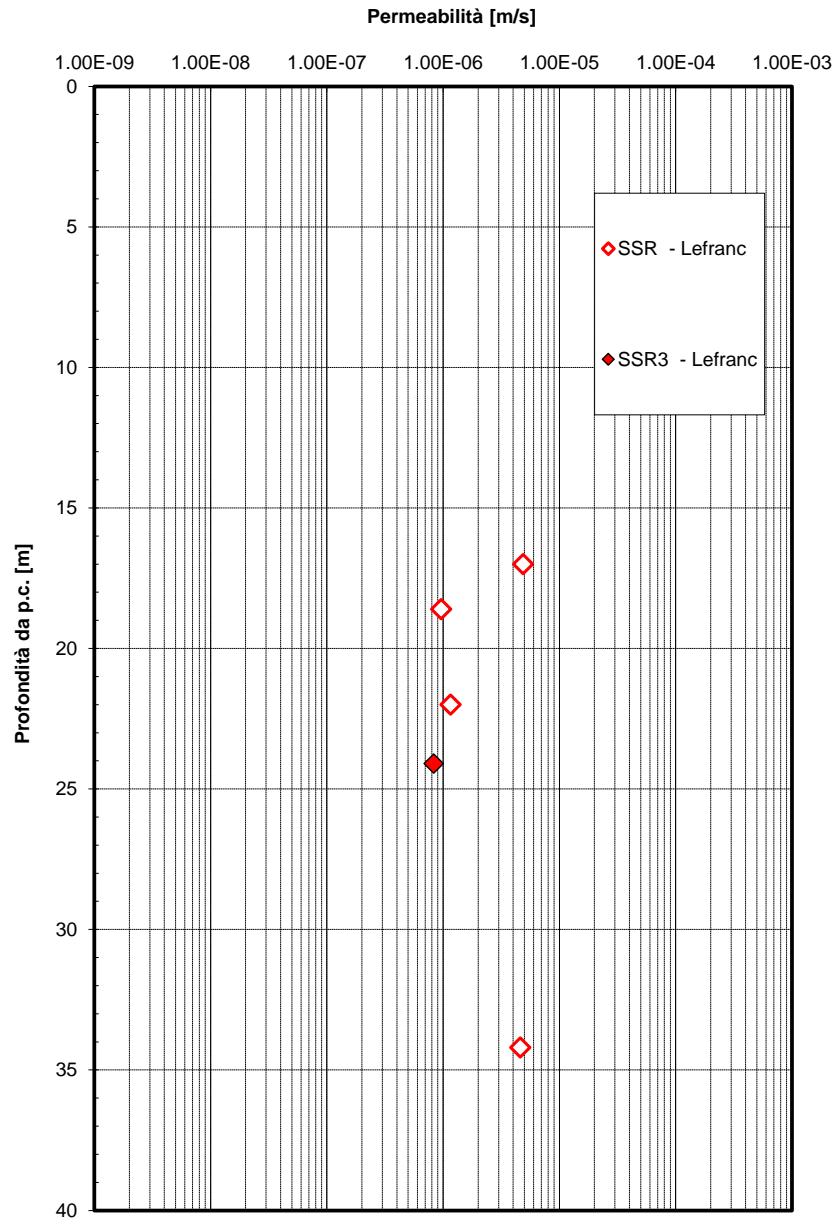


Figura 33 – Resistenza al taglio non drenata – Unità SSR3

**Permeabilità da prove Lefranc**



**Figura 34 – Permeabilità da prove Lefranc – unità SSR,SSR3**



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	62 di 110

#### 4.9 Sintesi parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si sintetizzano i valori dei parametri geotecnici di progetto per le unità geotecniche intercettate.

##### Unità b2 – Limo argilloso (depositi eluvio colluviali)

$\gamma = 18\div 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 50\div 150 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$V_s = 130\text{-}240 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 35\text{-}115 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 90\div 300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

##### Unità ba3 – Argille limose (Alluvioni attuali e recenti)

$\gamma = 18.5\div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 75\div 200 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$G_o = 30\div 60 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 80\div 160 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

##### Conglomerati di Campomarino - Unità CGC2 (Argille limose e limi argillosi)

$\gamma = 18.5\div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 15\div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 20\div 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 75\div 250 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$V_s = 165\div 200 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 50\div 150 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 140\div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

##### Sabbie di Serracapriola – Unità SSR (Sabbia, sabbia limosa)

$\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0\div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 33\div 37^\circ$	angolo di resistenza al taglio



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	63 di 110

$V_s = 200\div 500$  m/s      velocità delle onde di taglio;  
 $G_o = 75\div 300$  MPa      modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 200\div 800$  MPa      modulo di deformazione elastico iniziale

#### **Sabbie di Serracapriola – Unità SSR3 (Argille limose e limi argillosi)**

$\gamma = 19\div 20$  kN/m<sup>3</sup>      peso di volume naturale  
 $c' = 15$  kPa      coesione drenata  
 $\phi' = 26^\circ$       angolo di resistenza al taglio  
 $c_u = 75\div 250$  kPa      resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $G_o = 150$  MPa      modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 400$  MPa      modulo di deformazione elastico iniziale

I moduli di deformabilità “operativi” ( $E'$ ) da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a 1/5 di quello iniziale ( $E_0$ ).

Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale.

I valori delle proprietà geotecniche indicate sono da intendersi come range di valori guida per la progettazione; resta inteso che nelle analisi geotecniche di dettaglio delle varie opere andranno calibrati sulla base delle condizioni geotecniche locali, delle specifiche situazioni locali, oltre che rapportati alla tipologia di opere (fondazioni pali o opere di sostegno), alle ipotesi di calcolo assunte.

#### **4.10 Falda**

Nella viabilità in oggetto sono disponibili le letture effettuate su quattro piezometri (S22v, S22Vbis, S4Gall, S26v) che vanno da aprile 2017 ad ottobre 2018. Tutti i valori delle letture piezometriche sono riportate nella relazione geotecnica generale.

Nella tabella e figure seguenti si riportano le letture piezometriche disponibili per la viabilità in esame, espresse in metri di profondità dal p.c. ed in quota.

Nel profilo stratigrafico longitudinale è stato rappresentato il livello di falda massimo lungo il tracciato, desunto dalle letture piezometriche a disposizione.

**Tabella 10 – Tabelle Letture piezometriche in quota assoluta**

Anno indagato	SONDAGGIO	Tipo di piezometro	Quota boccaforo (m s.l.m.)	Prof. max (m s.l.m.)	Prof. min (m s.l.m.)	MEDIA (m s.l.m.)
2017	S4_gall_t.a.	TA [24-40m]	40.34	16.44	16.84	16.66
2017	S4_gall_cas.	CC [18.5m]	40.34	-	-	-
2017	S22v	TA [4-30m]	22.25	13.25	13.57	13.36
2017	S26v	TA [17-50m]	41.41	13.71	13.96	13.83
2017	S22v-bis	TA [19.3-49.3m]	34.63	12.40	12.47	12.43

**Tabella 11 – Tabelle Letture piezometriche in m da p.c.**

Anno indagato	SONDAGGIO	Tipo di piezometro	Quota boccaforo (m s.l.m.)	Prof. min (m da p.c.)	Prof. max (m da p.c.)	MEDIA (m da p.c.)
2017	S4_gall_t.a.	TA [24-40m]	40.34	23.50	23.90	23.69
2017	S4_gall_cas.	CC [18.5m]	40.34	-	-	-
2017	S22v	TA [4-30m]	22.25	8.68	9.00	8.89
2017	S26v	TA [17-50m]	41.41	27.45	27.70	27.59
2017	S22v-bis	TA [19.3-49.3m]	34.63	22.16	22.23	22.19





LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	65 di 110

## 5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

### 5.1 Risposta sismica

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

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$ , del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  $F_0$ , del periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale  $T_c^*$ ;
- per diverse probabilità di superamento in 75 anni e/o diversi periodi di ritorno  $TR$  ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 45 e 1462 anni, estremi inclusi.

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

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

Infatti, fissata la vita di riferimento  $V_{R,TR}$  è esprimibile in funzione di  $P_{VR}$  mediante l'espressione:

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

La vita di riferimento è calcolata come:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

Per le opere d'arte della linea ferroviaria in progetto si ha in linea generale:  $V_N=75$  anni e  $C_U=1.5$  (classe d'uso III).

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

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

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	66 di 110

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

Nel seguito viene definita la categoria di sottosuolo e le azioni sismiche di progetto.

### 5.1.1 Categoria di sottosuolo

La classificazione della categoria di sottosuolo viene eseguita sulla base di misure dirette dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità  $V_{s,30}$ . Si può ricavare il parametro  $V_{s,30}$  mediante la relazione:

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

Per la definizione della categoria di sottosuolo sismica, in accordo alla normativa vigente sono state eseguite indagini sismiche finalizzate alla determinazione della  $V_{s,30}$ , in particolare sono state eseguite prove sismiche di tipo Down Hole e MASW.

Dall'interpretazione dell'indagine sismica eseguita in corrispondenza della viabilità in esame si ottiene una categoria di sottosuolo C.

**Tabella 12 – Definizione categoria di sottosuolo sismica da indagini**

Prove	Progressiva		Tipo di Prova	$V_{s,30}$ [m/s]	Categoria di Sottosuolo
	Punto iniziale	Punto finale			
M19	7+269	7+305	MASW	329	C
S24v	7+666	-	DH	284	C



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	67 di 110

### 5.1.2 Azioni sismiche di progetto

In generale, il tracciato delle opere stradali e ferroviarie è stato suddiviso in 4 zone a cui fare riferimento per la caratterizzazione sismica. La tabella che segue riporta tali zone indicandone le relative località e coordinate geografiche di riferimento. La viabilità Campomarino ricade all'interno della zona sismica locale S2.

**Tabella 13 – Definizione zone sismiche locali**

Zona Sismica Locale	pk inizio [m]	pk fine [m]	Località di riferimento Azioni	Coordinate		Parametri Sismici		
				Latitudine	Longitudine	ag/g (SLV)	F0	Tc* [s]
S1	0.00	5.250,00	Campomarino(CB)	41.957	15.035	0.177	2.556	0.395
S2	5.250,00	10.000,00	Campomarino - Santa Monica (CB)	41.940	15.070	0.195	2.532	0.375
S3	10.000,00	18.650,00	Marina di Chieuti /Chieuti (FG)	41.920	15.160	0.224	2.482	0.352
S4	18.650,00	24.200,00	Serracapriola- Loc.SS16 (FG)	41.909	15.246	0.242	2.452	0.346

Le opere d'arte maggiori che ricadono nella viabilità Campomarino, sono i cavalcavia IV01 e IV02 che sono in categoria sottosuolo sismico tipo C, con la caratterizzazione sismica della seguente tabella.

**Tabella 14 – Parametri sismici**

Zona Sismica Locale	WBS	Categoria di Sottosuolo sismica	ag/g	F0	ST	SS	amax/g
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
S2	IV01 (NV03); IV02 (NV04)	C	0.195	2.532	1.0	1.40	0.274



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	68 di 110

## 6 OPERE D'ARTE MAGGIORI

Nel presente capitolo vengono descritte per le opere d'arte maggiori del tracciato in progetto, la stratigrafia, i parametri geotecnici di progetto, il livello di falda e la categoria di sottosuolo sulla base delle indagini più vicine all'opera in esame. La stratigrafia è in accordo a quanto riportato nel profilo stratigrafico longitudinale.

### 6.1 Cavalcavia in viadotto – variante ex SS16 ter - IV01

L'opera consente lo scavalco dell'autostrada A14 e della linea ferroviaria al km 7+400 circa e fa parte della viabilità NV03.

Le indagini più vicine all'opera in esame, sono i sondaggi: S21v-bis e S22v, ubicati rispettivamente in corrispondenza della spalla 1 e della pila 4. La stratigrafia in corrispondenza dell'opera è desunta dal profilo stratigrafico della viabilità Campomarino, sulla base delle indagini eseguite più vicine all'opera.

Per la caratterizzazione geotecnica, definizione dei parametri geotecnici delle unità intercettate, si è fatto riferimento all'insieme delle indagini considerate per la viabilità Campomarino in quanto si tratta degli stessi depositi ed in questo modo si hanno a disposizione un numero maggiore di risultati per l'interpretazione geotecnica.

Il livello della falda massimo rilevato in corrispondenza del piezometro installato nel foro del sondaggio S22 è a quota +13.6 m s.l.m..

Nelle seguenti tabelle si sintetizza la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto, che viene distinta per le pile e per le spalle per il diverso terreno affiorante a p.c..

**Tabella 15 – Stratigrafia e parametri di calcolo – spalle IV01**

Unità geotecnica	Profondità [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	$E_o$ [MPa]
CGC2	Da 0.0 a 6.0	19.5	26	15	100÷200	140÷400
SSR	Da 6.0 a 30.0	19.5	35÷37	0	-	400÷600

Dove:  
 $\gamma$  = peso di volume naturale  
 $\phi'$  = angolo di resistenza al taglio  
 $c'$  = coesione drenata  
 $c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $E_o$  = modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	69 di 110

**Tabella 16 – Stratigrafia e parametri di calcolo – pile IV01**

Unità geotecnica	Profondità [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	$E_o$ [MPa]
ba3	Da 0.0 a 2.5	19.5	25	5	75÷170	80÷160
SSR	Da 2.5 a 30.0	19.5	35÷37	0	-	200÷800

Dove:  
 $\gamma$  = peso di volume naturale  
 $\phi'$  = angolo di resistenza al taglio  
 $c'$  = coesione drenata  
 $c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $E_o$  = modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

## 6.2 Cavalcavia in viadotto – viabilità di accesso alla fermata di Campomarino - IV02

Il viadotto fa parte della viabilità NV04 e si sviluppa quasi parallelo alla linea ferroviaria intorno al km 7+300 circa.

L'indagine più vicina all'opera in esame, è il sondaggio S22v-bis, ubicato rispettivamente in corrispondenza della pila. La stratigrafia in corrispondenza dell'opera è desunta dal profilo stratigrafico della viabilità Campomarino, sulla base delle indagini eseguite più vicine all'opera.

Per la caratterizzazione geotecnica, definizione dei parametri geotecnici delle unità intercettate, si è fatto riferimento all'insieme delle indagini considerate per la viabilità Campomarino in quanto si tratta degli stessi depositi ed in questo modo si hanno a disposizione un numero maggiore di risultati per l'interpretazione geotecnica.

Il livello della falda in corrispondenza dell'opera è piuttosto variabile da + 13.6 m s.l.m. (piezometro S22v), +16.8 m s.l.m. (S4Gall), a +5.2 m s.l.m. (piezometro S22v-bis).

Nelle seguenti tabelle si sintetizza la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto.

**Tabella 17 – Stratigrafia e parametri di calcolo IV02**

Unità geotecnica	Profondità [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	$E_o$ [MPa]
ba3	Da 0.0 a 9.0	19.5	25	5	75÷150	80÷160
SSR	Da 9.0 a 30.0	19.5	35÷37	0	-	200÷800

Dove:  
 $\gamma$  = peso di volume naturale  
 $\phi'$  = angolo di resistenza al taglio  
 $c'$  = coesione drenata  
 $c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $E_o$  = modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	70 di 110

## 7 METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE PALI

### 7.1 Premessa

Nel presente capitolo si riportano le metodologie di calcolo della capacità portante per i pali trivellati di grande diametro previsti per le opere in progetto.

### 7.2 Analisi agli stati limite

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

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

$F_{cd}$  = carico assiale di compressione di progetto;

$R_{cd}$  = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

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

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

Approccio 1:

Combinazione 1:  $A1 + M1 + R1$

Combinazione 2 :  $A2 + M1 + R2$

Approccio 2:

Combinazione 1:  $A1 + M1 + R3$

tenendo conto dei coefficienti parziali di riferimento normativo.

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

Per ogni opera verrà assunto un coefficiente  $\xi_3$  in funzione delle verticali di indagine eseguite.

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

Tabella 18 Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

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

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

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Tabella 19 Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine

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

### 7.3 Metodologia di calcolo capacità portante ai carichi verticali

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

$$Q_d = Q_{ll} / F_{SL} + Q_{bl} / F_{SB} - W \cdot p$$

dove:

$Q_{ll}$  = portata laterale limite,

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



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	72 di 110

$W'p$  = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato: peso calcestruzzo-peso terreno),

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

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

### Portata laterale

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

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

dove:

D = diametro palo,

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

$h_i$  = altezza dello strato i-esimo.

### Depositi incoerenti

Per i depositi incoerenti, la tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo, in accordo ad esempio a Burland [1973], Reese & O'Neill [1988], Chen & Kulhawy [1994], O'Neill & Hassan [1994], può essere valutata con riferimento alla seguente espressione:

$$\tau_i = \beta \cdot \sigma'v \leq \tau_{i,max}$$

dove:

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

$\tau_{i,max}$  = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 150 kPa per terreni incoerenti).

$\beta$  = coefficiente empirico  $\beta = k \cdot \tan \phi$

Essendo

K = coefficiente di pressione laterale = 0.7 (a compressione);

$\phi$  = angolo di resistenza al taglio.

Inoltre nel caso di pali trivellati a fango, il valore di  $\tau_{i,max}$  è ricavabile in funzione del numero di colpi da prova SPT dalle seguenti espressioni (Reese & Wright, 1977):

$$\tau_{i,max} = 3.0 \cdot N_{SPT} \text{ kPa} \quad \text{per } N_{SPT} \leq 53$$

$$\tau_{i,max} = 142 + 0.32 \cdot N_{SPT} \text{ kPa} \quad \text{per } N_{SPT} > 53$$

### Depositi coesivi





LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	73 di 110

Per i terreni coesivi superficiali la tensione tangenziale può essere valutata con la seguente espressione:

$$\tau_i = \alpha \cdot c_u \leq \tau_{l,max}$$

Dove:

$c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate

$\alpha$  = parametro empirico assunto come da AGI:

$$\alpha = 0.90 \quad \text{per } c_u \leq 25 \text{ kPa};$$

$$\alpha = 0.80 \quad \text{per } 25 \leq c_u \leq 50 \text{ kPa};$$

$$\alpha = 0.60 \quad \text{per } 50 \leq c_u \leq 75 \text{ kPa};$$

$$\alpha = 0.40 \quad \text{per } c_u \geq 75 \text{ kPa}.$$

$\tau_{l,max}$  = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 100 kPa per terreni coesivi).

Per i depositi coesivi del substrato (ASP) la tensione tangenziale può essere valutata con la correlazione di Burland (1993):

$$\tau_i = \beta \cdot \sigma'v \leq \tau_{l,max}$$

Dove

$$\beta = 0.1 + 0.4 \cdot c_u / \sigma'v \quad (\text{con } \beta > 0.23, \text{ AGI dicembre 1984}).$$

$c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate

$\tau_{l,max}$  = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 120 kPa per terreni coesivi del substrato - unità ASP).

Inoltre per i terreni coesivi alluvionali è stata anche eseguita una verifica in tensioni efficaci; in particolare si è controllato che:

$$\tau_i > 0.23 \cdot \sigma'v$$

$$\tau_i < 0.25 \cdot \sigma'v$$

### Portata di base

Per la valutazione della portata di base limite sono state utilizzate le seguenti relazioni:

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

dove:

$A_p$  = area della base del palo,



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L102	02	D 78 RB	GE0005 002	B	74 di 110

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

### Depositi incoerenti

Nei terreni incoerenti, la pressione di base del palo associabile a cedimenti pari al 10% del diametro del palo, viene valutata con la relazione di Berezantzev (1965) indicata nelle Raccomandazioni AGI:

$$q_b = N_q^* \cdot \sigma'_v \leq q_{b,lim}$$

essendo:

$N_q^*$  = coefficiente in funzione dell'angolo di resistenza al taglio del terreno (Raccomandazioni AGI);

$\sigma'_v$  = tensione verticale efficace;

$q_{b,lim}$  = pressione ultima di base massima consigliabile. Nel caso in esame si è fatto riferimento a quanto indicato da Gwizdala, 1984, vedasi seguente tabella.

**Tabella 20 – Valori di  $q_{blim}$  secondo Gwizdala [1984]**

	$q_{b,lim}$ (kPa)
GHIAIE	7300
SABBIE	5800
SABBIE LIMOSE	4300

Cautelativamente per le unità in esame si assume:

- terreni sabbiosi con angolo di resistenza al taglio  $\varphi' = 32^\circ$ :  $N_q^* = 11$ ;
- terreni sabbiosi con angolo di resistenza al taglio  $\varphi' = 33^\circ$ :  $N_q^* = 13$ ;
- terreni sabbiosi con angolo di resistenza al taglio  $\varphi' = 34^\circ$ :  $N_q^* = 14$ ;
- terreni sabbiosi con angolo di resistenza al taglio  $\varphi' = 35^\circ$ :  $N_q^* = 15$ ;
- terreni sabbiosi ghiaiosi con angolo di resistenza al taglio  $\varphi' = 37^\circ$ :  $N_q^* = 20$ ;
- terreni sabbiosi ghiaiosi con angolo di resistenza al taglio  $\varphi' = 38^\circ$ :  $N_q^* = 23$ ;
- terreni sabbiosi ghiaiosi con angolo di resistenza al taglio  $\varphi' = 39^\circ$ :  $N_q^* = 26$ ;
- nei depositi ghiaioso sabbiosi: unità ba1, bn1, ga1, CGC1g, SSR:  $q_{b,lim} = 5800$  kPa.
- nei depositi sabbiosi: unità ba2, bn2, ga2, CGC1s:  $q_{b,lim} = 4300$  kPa.

### Depositi coesivi

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

$$q_b = 9 \cdot c_u + \sigma_v \quad [\text{kPa}]$$



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	75 di 110

dove:

$c_u$  = resistenza al taglio non drenata [kPa];

$\sigma_v$  = tensione totale verticale.

### 7.3.1 Determinazione della resistenza di progetto a trazione

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

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

dove:

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

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

$F_{SL}$  = fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ( $= \gamma_{st} \cdot \xi_3$ ).

#### 7.4 Metodologia per la determinazione del carico limite orizzontale dei pali

Per la verifica del carico limite orizzontale si fa riferimento alla teoria di Broms per il caso di pali con rotazione in testa impedita.

Per le verifiche a carico limite orizzontale si considera cautelativamente un coefficiente di gruppo 0.8.

Le equazioni con cui si determina il carico limite a forze orizzontali dei pali sono definite di seguito al variare del tipo di meccanismo considerato.

In terreni coesivi si ha:

*Palo corto:* 
$$H = 9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

*Palo intermedio:* 
$$H = -9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

*Palo lungo:* 
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

dove :

H = carico limite orizzontale del palo;

$c_u$  = resistenza non drenata del terreno;

$M_y$  = momento di plasticizzazione del palo;

L = lunghezza del palo;

d = diametro del palo.

In terreni incoerenti si ha (vedasi figura seguente):

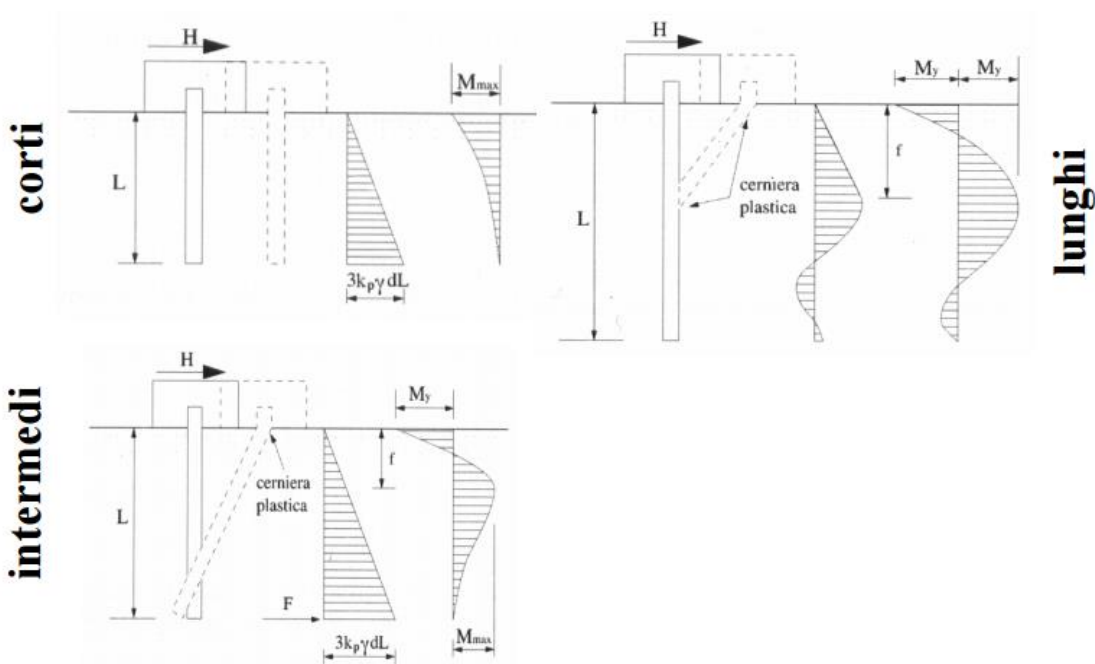
Palo corto: 
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2$$

Palo intermedio: 
$$H = \frac{1}{2}k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo: 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2}$$

Dove, oltre ai termini già definiti,

$k_p$  = coefficiente di spinta passiva.



Il valore di  $H$  dovrà essere confrontato con il massimo valore del taglio agente sul palo al variare delle combinazioni ( $V_{pd}$ ). Per le verifiche a carico limite orizzontale si considera cautelativamente un coefficiente di gruppo 0.8.

Il valore determinato con la teoria di Broms dovrà essere ridotto secondo quanto prevede la normativa vigente.

$$H_{lim} = \frac{H}{\xi \cdot \gamma_T} \geq V_{pd}$$

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO 02	CODIFICA D 78 RB	DOCUMENTO GE0005 002	REV. B

dove:

H = valore limite in funzione del meccanismo attivato;

$\xi$  = fattore di correlazione in funzione delle verticali indagate;

$\gamma_T$  = fattore di resistenza laterale secondo la tabella di seguito riportata.

*Tabella 21 Coefficiente parziale  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali*

<b>Resistenze Caratteristiche (R)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Resistenza laterale:	1.00	1.60	1.30

## 7.5 Carico limite verticale di una palificata

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguito come di seguito indicato:

$$R_{d,G} = N \cdot E \cdot R_{d, \text{singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata.

L'esperienza (Vesic, 1968) ha mostrato che per palificate in terreni incoerenti, l'efficienza risulta non minore dell'unità, quindi si può assumere  $E = 1$  (per terreni incoerenti).

Per palificate in terreni coesivi, invece, l'efficienza risulta minore dell'unità e può essere valutata ad esempio con la formulazione empirica di Converse Labarre, di seguito esplicitata.

$$E = 1 - (\Phi / 90) \cdot [(n - 1) \cdot m + (m - 1) \cdot n] / (m \cdot n)$$

Dove:

E = efficienza della palificata

N = numero di pali per fila

M = numero di file

$\Phi = \arctg (D/i)$  con D = diametro pali, i = interasse pali.



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L102	02	D 78 RB	GE0005 002	B	79 di 110

## 7.6 Comportamento del palo soggetto ai carichi orizzontali - Modulo di reazione orizzontale del terreno

Lo studio dell'interazione tra palo soggetto ai carichi orizzontali ed il terreno viene effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lienare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno ( $E_{MR}$ ) definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo ( $p$ ) ed il corrispondente spostamento orizzontale ( $y$ ):

$$E_{MR} = p / y \quad [FL^{-2}]$$

Si osservi che, definito  $K_W [FL^{-3}]$  il coefficiente di sottofondo di Winkler, per un palo di diametro  $D$  si ha:

$$E_{MR} = K_W \cdot D$$

L'andamento del modulo di reazione orizzontale con la profondità è funzione principalmente del tipo di terreno.

Per i terreni incoerenti si assume in genere una legge di variazione lineare caratterizzata dai seguenti parametri:

$$E_{MR} = E_{MR,0} + k_h \cdot z \quad [FL^{-2}]$$

dove:

$E_{MR,0}$  = valore del modulo di reazione a testa palo;

$k_h$  = gradiente del modulo di reazione del terreno funzione principalmente della  $D_r$ ;

$z$  = profondità a partire dalla sommità del palo.

Nella seguente figura si riportano i valori di riferimento del gradiente  $k_h$  corrispondente a valori secanti del modulo  $E_{MR}$  per pali isolati con basse deformazioni ( $y \leq 0.005 \cdot D$ ).

Andamento del gradiente del modulo di reazione orizzontale - Terreni incoerenti sotto falda

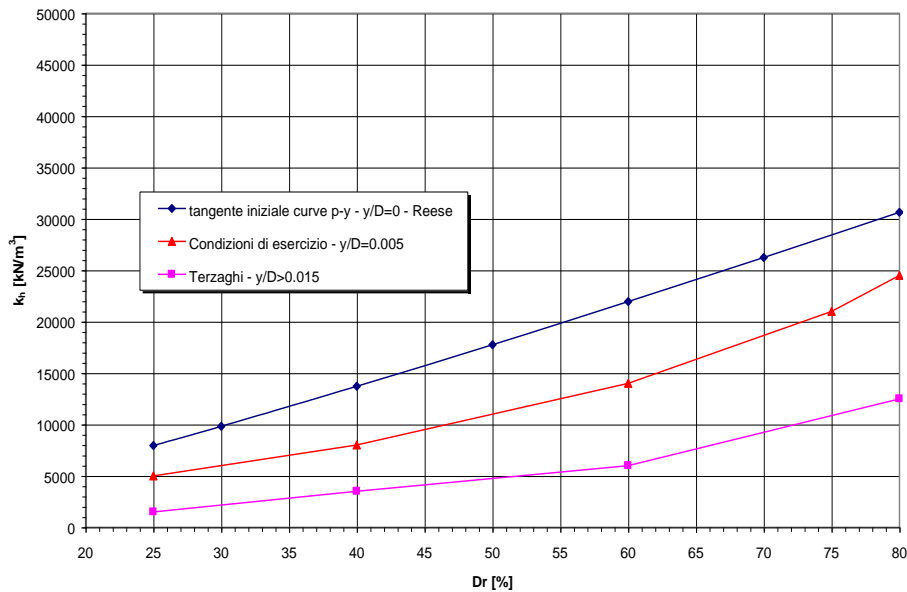


Figura 35. Andamento del gradiente del modulo di reazione orizzontale – Terreni sotto falda

Per i terreni coesivi si assume in genere una legge del tipo:

$$E_{MR} = \xi \cdot c_u, \text{ con } \xi = 300 \div 450,$$

corrispondenti a valori secanti del modulo  $E_{MR}$  per pali isolati con basse deformazioni ( $y \leq 0.005 \cdot D$ ).

Per le fondazioni delle opere in esame si considera:

- Per terreni coesivi:  $\xi = 350$ , il valore della resistenza al taglio non drenata generalmente è costante per i terreni sovraconsolidati che costituiscono il substrato dell'area, mentre varia con la profondità per i terreni coesivi da normal a poco consolidati che costituiscono le coperture alluvionali.
- Per terreni incoerenti:  $k_h = 8000 \text{ kN/m}^3$ .



## 7.7 Verifica cedimenti dei pali

Per una valutazione semplificata dei cedimenti della palificata possono essere usate delle formulazioni empiriche.

Il cedimento del singolo palo ( $w$ ) è stimato con la formula empirica di Meyerhof (1959). Il cedimento del gruppo di pali è stimato moltiplicando il cedimento del singolo palo isolato per un coefficiente di amplificazione ( $R_g$  dipendente da fattori essenzialmente geometrici ( $s$ =interasse pali,  $n$ = numero pali della palificata,  $L$ =lunghezza pali):

$$w_{\text{gruppo}} = w \cdot n \cdot R_g$$

dove

$w$ =cedimento singolo palo,

$n$  = numero pali

$R_g$  = fattore correttivo.

Il fattore  $R_g$  è determinato con la formulazione di Mandolini et al. (1997), illustrata nella seguente figura.

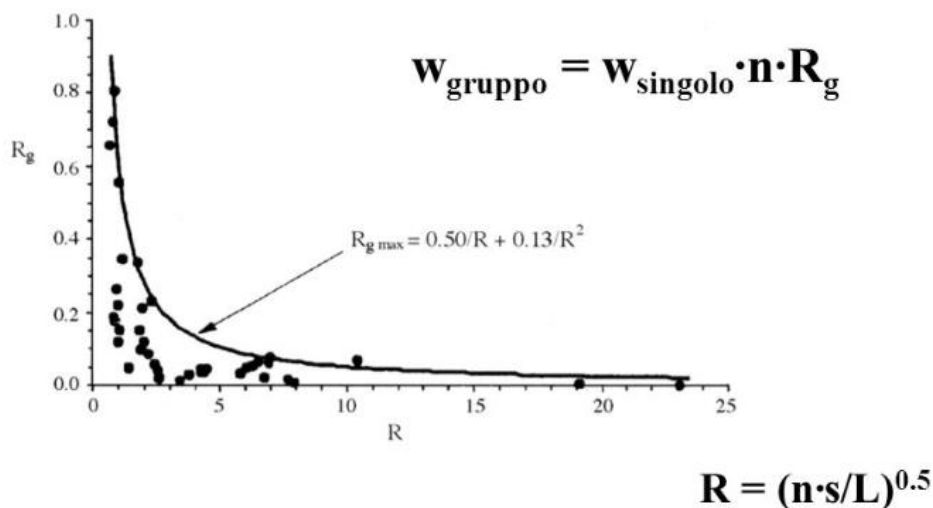


Figura 36 –Mandolini et al. 1997



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	82 di 110

## 8 PALIFICATE DI FONDAZIONE

### 8.1 Calcolo capacità portante pali

Nel presente capitolo si riporta il calcolo della capacità portante per ogni opera d'arte in esame.

La stratigrafia di riferimento per ogni singola opera è desunta dal profilo stratigrafico longitudinale.

Per il livello di falda di progetto da considerare per il dimensionamento delle opere definitive (lungo termine), in linea generale si è assunto il massimo rilevato da letture piezometriche.

In Appendice A si riportano i tabulati di calcolo completi della capacità portante per tutte le opere analizzate.

#### 8.1.1 Cavalcavia in viadotto – variante ex SS16 ter - IV01

Nella seguente tabella si riportano la stratigrafia ed i parametri geotecnici principali per il calcolo della capacità portante dei pali dell'opera in esame.

**Tabella 22 – Stratigrafia e parametri di calcolo - pile**

Unità geotecnica	Profondità [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	cu [kPa]	qb [kPa]
ba3	Da 0.0 a 2.5	19.5	-	75	$9 \cdot cu + \sigma_v$
SSR	Da 2.5 a 30.0	19.5	35	-	$15 \cdot \sigma'_v \leq 5800$

**Tabella 23 – Stratigrafia e parametri di calcolo - spalle**

Unità geotecnica	Profondità [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	cu [kPa]	qb [kPa]
CGC2	Da 0.0 a 6.0	19.5	-	130	$9 \cdot cu + \sigma_v$
SSR	Da 6.0 a 30.0	19.5	35	-	$15 \cdot \sigma'_v \leq 5800$

La capacità portante per le fondazioni del viadotto è stata valutata per pali di grande diametro  $D=1500$  mm considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- N. 8 verticali di indagine (tutti i sondaggi della zona Campomarino utilizzati per la caratterizzazione geotecnica), da cui  $\xi_3 = 1.45$ ,



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	83 di 110

- $F_{SL}$  = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ( $=\xi_3 \cdot \gamma_s = 1.7$ ).
- $F_{SB}$  = fattore di sicurezza per la portata di base ( $=\xi_3 \cdot \gamma_b = 1.96$ ).

Quindi per la verifica di capacità portante del palo si dovranno verificare le seguenti due condizioni:

- $N_{max,SLU} < Q_d$ , la massima sollecitazione assiale (sia statica, che sismica) allo SLU dovrà essere inferiore alla portata di progetto del palo (riportata nelle seguenti tabelle);
- $N_{max,SLE} < Q_{ll} / 1.25$  la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA dovrà essere inferiore alla portata laterale limite del palo ( $Q_{ll}$ , riportata nelle seguenti tabelle) con un fattore di sicurezza di 1.25.

Inoltre si è considerato:

- testa palo a 2.5 m di profondità da p.c.;
- falda cautelativamente a 5 m p.c..



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA

LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	84 di 110

**Tabella 24 – IVI01 pile - Capacità portante palo D=1500 mm - A1+M1+R3**

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 pile  
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	1279.	0.	1279.	581.
.50	63.	1539.	4.	1597.	728.
1.00	136.	1799.	9.	1926.	880.
1.50	220.	2059.	13.	2266.	1039.
2.00	316.	2319.	18.	2617.	1203.
2.50	423.	2579.	22.	2980.	1373.
3.00	538.	2705.	27.	3217.	1486.
3.50	659.	2832.	31.	3460.	1603.
4.00	786.	2958.	35.	3709.	1723.
4.50	917.	3085.	40.	3962.	1845.
5.00	1055.	3211.	44.	4222.	1971.
5.50	1197.	3338.	49.	4487.	2099.
6.00	1346.	3465.	53.	4757.	2230.
6.50	1499.	3591.	57.	5033.	2364.
7.00	1659.	3718.	62.	5314.	2501.
7.50	1823.	3844.	66.	5601.	2640.
8.00	1994.	3969.	71.	5892.	2783.
8.50	2169.	4095.	75.	6190.	2928.
9.00	2350.	4221.	80.	6492.	3076.
9.50	2537.	4347.	84.	6800.	3227.
10.00	2729.	4473.	88.	7114.	3381.
10.50	2927.	4599.	93.	7433.	3538.
11.00	3130.	4725.	97.	7758.	3698.
11.50	3339.	4851.	102.	8088.	3860.
12.00	3553.	4977.	106.	8423.	4026.
12.50	3772.	5103.	110.	8764.	4194.
13.00	3997.	5229.	115.	9111.	4366.
13.50	4228.	5354.	119.	9463.	4540.
14.00	4464.	5480.	124.	9821.	4717.
14.50	4705.	5606.	128.	10184.	4897.
15.00	4952.	5732.	133.	10552.	5080.
15.50	5205.	5858.	137.	10926.	5265.
16.00	5463.	5984.	141.	11305.	5454.
16.50	5726.	6110.	146.	11690.	5645.
17.00	5995.	6236.	150.	12081.	5840.
17.50	6270.	6362.	155.	12477.	6037.
18.00	6550.	6488.	159.	12878.	6237.
18.50	6835.	6614.	163.	13285.	6440.
19.00	7126.	6739.	168.	13697.	6646.
19.50	7422.	6865.	172.	14115.	6855.
20.00	7724.	6991.	177.	14539.	7066.
20.50	8031.	7117.	181.	14967.	7281.
21.00	8344.	7243.	186.	15402.	7498.
21.50	8663.	7369.	190.	15842.	7719.
22.00	8986.	7495.	194.	16287.	7942.
22.50	9316.	7621.	199.	16738.	8168.
23.00	9650.	7747.	203.	17194.	8397.
23.50	9991.	7873.	208.	17656.	8629.
24.00	10336.	7999.	212.	18123.	8864.
24.50	10688.	8124.	216.	18596.	9101.
25.00	11041.	8250.	221.	19070.	9340.
25.50	11394.	8376.	225.	19545.	9579.
26.00	11748.	8502.	230.	20020.	9818.
26.50	12101.	8628.	234.	20495.	10057.
27.00	12455.	8754.	239.	20970.	10296.
27.50	12808.	8880.	243.	21445.	10534.
28.00	13162.	9006.	247.	21920.	10773.
28.50	13515.	9132.	252.	22395.	11012.
29.00	13868.	9258.	256.	22870.	11251.
29.50	14222.	9384.	261.	23345.	11490.
30.00	14575.	9509.	265.	23820.	11729.
30.50	14929.	9635.	269.	24295.	11967.



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	85 di 110

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

**Tabella 25 – IVI01 spalle - Capacità portante palo D=1500 mm - A1+M1+R3**

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IVI01 spalle  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	2154.	0.	2154.	1099.
.50	69.	2171.	4.	2236.	1144.
1.00	152.	2188.	9.	2331.	1197.
1.50	246.	2205.	13.	2439.	1257.
2.00	354.	2223.	18.	2559.	1324.
2.50	473.	2240.	22.	2691.	1399.
3.00	595.	2257.	27.	2826.	1475.
3.50	718.	2274.	31.	2961.	1552.
4.00	844.	2463.	35.	3272.	1718.
4.50	976.	2651.	40.	3587.	1887.
5.00	1113.	2839.	44.	3908.	2059.
5.50	1256.	3028.	49.	4235.	2235.
6.00	1404.	3216.	53.	4567.	2414.
6.50	1558.	3404.	57.	4905.	2596.
7.00	1717.	3593.	62.	5248.	2781.
7.50	1882.	3781.	66.	5597.	2970.
8.00	2052.	3969.	71.	5951.	3162.
8.50	2228.	4095.	75.	6248.	3325.
9.00	2409.	4221.	80.	6551.	3491.
9.50	2596.	4347.	84.	6859.	3661.
10.00	2788.	4473.	88.	7173.	3834.
10.50	2986.	4599.	93.	7492.	4010.
11.00	3189.	4725.	97.	7816.	4189.
11.50	3397.	4851.	102.	8146.	4372.
12.00	3611.	4977.	106.	8482.	4557.
12.50	3831.	5103.	110.	8823.	4746.
13.00	4056.	5229.	115.	9170.	4939.
13.50	4286.	5354.	119.	9522.	5134.
14.00	4523.	5480.	124.	9879.	5333.
14.50	4764.	5606.	128.	10242.	5535.
15.00	5011.	5732.	133.	10611.	5740.
15.50	5264.	5858.	137.	10985.	5948.
16.00	5521.	5984.	141.	11364.	6160.
16.50	5785.	6110.	146.	11749.	6374.
17.00	6054.	6236.	150.	12139.	6592.
17.50	6328.	6362.	155.	12535.	6814.
18.00	6608.	6488.	159.	12937.	7038.
18.50	6894.	6614.	163.	13344.	7266.
19.00	7184.	6739.	168.	13756.	7497.
19.50	7481.	6865.	172.	14174.	7731.
20.00	7783.	6991.	177.	14597.	7968.
20.50	8090.	7117.	181.	15026.	8209.
21.00	8403.	7243.	186.	15460.	8453.
21.50	8721.	7369.	190.	15900.	8700.
22.00	9045.	7495.	194.	16346.	8950.
22.50	9374.	7621.	199.	16796.	9204.
23.00	9709.	7747.	203.	17253.	9460.
23.50	10049.	7873.	208.	17714.	9720.
24.00	10395.	7999.	212.	18182.	9984.
24.50	10746.	8124.	216.	18654.	10250.
25.00	11100.	8250.	221.	19129.	10518.
25.50	11453.	8376.	225.	19604.	10785.
26.00	11806.	8502.	230.	20079.	11053.
26.50	12160.	8628.	234.	20554.	11321.



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	86 di 110

27.00	12513.	8754.	239.	21029.	11589.
27.50	12867.	8880.	243.	21504.	11856.
28.00	13220.	9006.	247.	21979.	12124.
28.50	13574.	9132.	252.	22453.	12392.
29.00	13927.	9258.	256.	22928.	12659.
29.50	14280.	9384.	261.	23403.	12927.
30.00	14634.	9509.	265.	23878.	13195.
30.50	14987.	9635.	269.	24353.	13463.

-----  
 Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS_{,1} + Q_{b1}/FS_{,b} - W_p$

### 8.1.2 Cavalcavia in viadotto – viabilità di accesso alla fermata di Campomarino - IV02

Nella seguente tabella si riportano la stratigrafia ed i parametri geotecnici principali per il calcolo della capacità portante dei pali dell'opera in esame.

**Tabella 26 – Stratigrafia e parametri di calcolo**

Unità geotecnica	Profondità [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	cu [kPa]	qb [kPa]
ba3	Da 0.0 a 9.0	19.5	-	75÷150	9 · cu + $\sigma_v$
SSR	Da 9.0 a 30.0	19.5	35	-	15 · $\sigma'_v \leq 5800$

La capacità portante per le fondazioni del viadotto è stata valutata per pali di grande diametro D=1500 mm considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- N. 8 verticali di indagine (tutti i sondaggi della zona Campomarino utilizzati per la caratterizzazione geotecnica), da cui  $\xi_3 = 1.45$ ,
- $F_{SL}$  = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ( $=\xi_3 \cdot \gamma_s = 1.7$ ).
- $F_{SB}$  = fattore di sicurezza per la portata di base ( $=\xi_3 \cdot \gamma_b = 1.96$ ).

Quindi per la verifica di capacità portante del palo si dovranno verificare le seguenti due condizioni:

- $N_{max,SLU} < Q_d$ , la massima sollecitazione assiale (sia statica, che sismica) allo SLU dovrà essere inferiore alla portata di progetto del palo (riportata nelle seguenti tabelle);
- $N_{max,SLE} < Q_{l1} / 1.25$  la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA dovrà essere inferiore alla portata laterale limite del palo ( $Q_{l1}$ , riportata nelle seguenti tabelle) con un fattore di sicurezza di 1.25.



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA

LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	87 di 110

Inoltre si è considerato:

- testa palo a 2.5 m di profondità da p.c.;
- falda cautelativamente a 5 m p.c..

**Tabella 27 – IV02- Capacità portante palo D=1500 mm - A1+M1+R3**

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV02  
Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacità portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	1610.	0.	1610.	732.
.50	69.	1694.	4.	1759.	802.
1.00	152.	1777.	9.	1920.	879.
1.50	246.	1861.	13.	2094.	962.
2.00	350.	1944.	18.	2277.	1050.
2.50	458.	2028.	22.	2464.	1141.
3.00	570.	2111.	27.	2655.	1233.
3.50	686.	2195.	31.	2850.	1328.
4.00	806.	2278.	35.	3049.	1424.
4.50	929.	2362.	40.	3251.	1523.
5.00	1057.	2445.	44.	3458.	1624.
5.50	1189.	2529.	49.	3669.	1726.
6.00	1324.	2612.	53.	3883.	1831.
6.50	1465.	2696.	57.	4104.	1939.
7.00	1623.	2921.	62.	4482.	2120.
7.50	1787.	3147.	66.	4868.	2305.
8.00	1958.	3372.	71.	5259.	2492.
8.50	2133.	3598.	75.	5656.	2683.
9.00	2314.	3823.	80.	6058.	2876.
9.50	2501.	4049.	84.	6466.	3073.
10.00	2693.	4274.	88.	6879.	3272.
10.50	2891.	4499.	93.	7298.	3474.
11.00	3094.	4725.	97.	7722.	3679.
11.50	3303.	4851.	102.	8052.	3842.
12.00	3517.	4977.	106.	8387.	4007.
12.50	3736.	5103.	110.	8728.	4175.
13.00	3961.	5229.	115.	9075.	4347.
13.50	4192.	5354.	119.	9427.	4521.
14.00	4428.	5480.	124.	9785.	4698.
14.50	4669.	5606.	128.	10148.	4878.
15.00	4916.	5732.	133.	10516.	5061.
15.50	5169.	5858.	137.	10890.	5246.
16.00	5427.	5984.	141.	11270.	5435.
16.50	5690.	6110.	146.	11654.	5626.
17.00	5959.	6236.	150.	12045.	5821.
17.50	6234.	6362.	155.	12441.	6018.
18.00	6514.	6488.	159.	12842.	6218.
18.50	6799.	6614.	163.	13249.	6421.
19.00	7090.	6739.	168.	13661.	6627.
19.50	7386.	6865.	172.	14079.	6836.
20.00	7688.	6991.	177.	14503.	7048.
20.50	7995.	7117.	181.	14932.	7262.
21.00	8308.	7243.	186.	15366.	7480.
21.50	8627.	7369.	190.	15806.	7700.
22.00	8950.	7495.	194.	16251.	7923.
22.50	9280.	7621.	199.	16702.	8149.
23.00	9614.	7747.	203.	17158.	8378.
23.50	9955.	7873.	208.	17620.	8610.
24.00	10300.	7999.	212.	18087.	8845.
24.50	10652.	8124.	216.	18560.	9083.
25.00	11005.	8250.	221.	19034.	9321.
25.50	11358.	8376.	225.	19509.	9560.
26.00	11712.	8502.	230.	19984.	9799.



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	88 di 110

26.50	12065.	8628.	234.	20459.	10038.
27.00	12419.	8754.	239.	20934.	10277.
27.50	12772.	8880.	243.	21409.	10516.
28.00	13126.	9006.	247.	21884.	10754.
28.50	13479.	9132.	252.	22359.	10993.
29.00	13832.	9258.	256.	22834.	11232.
29.50	14186.	9384.	261.	23309.	11471.
30.00	14539.	9509.	265.	23784.	11710.
30.50	14893.	9635.	269.	24259.	11948.

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





LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	89 di 110

## 8.2 Valutazione del momento adimensionale lungo il palo

Per ricavare il momento adimensionalizzato lungo il fusto del palo si ricorre al metodo di Matlock e Reese (1956), che utilizzando il metodo delle differenze finite, hanno risolto il problema del palo soggetto ad un carico orizzontale, mediante l'impiego di parametri adimensionali, ottenuti esprimendo l'equazione della linea elastica attraverso equazioni differenziali funzione del tipo di sollecitazione agente.

Nel caso in esame, considerando l'andamento del modulo di reazione orizzontale palo-terreno ( $E_{MR}$ , di seguito esplicitato), si ricorre al metodo degli elementi finiti, adimensionalizzando la soluzione come segue:

$$M_0 = \alpha_m \cdot H_0$$

$$M(z) = M_0 \cdot M_{ad}(z)$$

essendo:

$H_0$  = azione tagliante in testa palo [F];

$M_0$  = azione flettente, conseguente ad  $H_0$ , in testa al palo;

$\alpha_m$  = rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita [L];

$M_{ad}$  = momento flettente adimensionale lungo il fusto del palo.

Il modulo di reazione orizzontale definito in accordo a quanto indicato al paragrafo 7.6, è di seguito definito a partire da testa palo:

### IV01 Definizione per punti del modulo di reazione del terreno E

Prof. m	E kN/m2
.000	26250.00
1.500	26250.00
1.510	32000.00
6.500	72000.00
6.510	35000.00
15.500	35000.00
15.600	70000.00
50.000	70000.00

### IV02 Definizione per punti del modulo di reazione del terreno E

Prof. m	E kN/m2
------------	------------



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	90 di 110

.000	20000.00
12.500	120000.00
17.000	120000.00
17.100	45500.00
20.500	45500.00
20.510	120000.00
50.000	120000.00
-----	

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori del parametro  $\alpha_m$  per le opere d'arte maggiori analizzate, il momento adimensionale lungo il palo è riportato in Appendice B.

**Tabella 28 – Valori di  $\alpha_m$  - Viadotto IV01**

Lpalo [m]	Parametro $\alpha_m$
25.0	2.32

**Tabella 29 – Valori di  $\alpha_m$  - Viadotto IV02**

Lpalo [m]	Parametro $\alpha_m$
25.0	2.35



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	91 di 110

## 9 PIANO DI POSA

Sulla base dei risultati delle indagini geotecniche in sito (sondaggi e pozzetti esplorativi) è stato possibile individuare lo spessore di coltre vegetale e quindi il trattamento idoneo per la formazione del piano di posa della viabilità in progetto. Lo spessore di scotico è 50 cm, mentre spessore di bonifica è indicato nella seguente tabella.

WBS	spessore bonifica [cm]
NV03	20
NV04A-B_C_D	20



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	92 di 110

## 10 APPENDICE A: CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI - TABULATI DI CALCOLO PAL

### 10.1 IV01

#### 10.1.1 Stratigrafia 1 - pile

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

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

pag./ 2

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 pile  
Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c. = 2.50 m  
Quota falda da p.c. = 5.00 m  
Peso di volume del palo = 5.00 kN/m<sup>3</sup>  
Fattore di sicurezza portata laterale = 1.90 (FS,l)  
Fattore di sicurezza portata di base = 2.20 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1500. mm

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

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.500 = 4.50$  m  
entro lo strato se quello sovrastante è più debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.500 = 4.50$  m  
sopra lo strato sottostante se esso è più debole

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

pag./ 3

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 pile  
Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	93 di 110

Strato 1 "ba3 " (Coesivo) da .00 a 2.50 m

Gn = 19.5 kN/m3                      Ge = 9.5 kN/m3  
 Tau = alfa \* Cu < 100.0 kPa                      Criterio alfa(Cu) nel seguito  
     Tau > .23 \* S'v  
     Tau < .55 \* S'v  
 Qb = 9.0 \* Cu + Sv  
 Cu variabile lin. da 75.0 a 75.0 kPa

Strato 2 "SSR " (Incoerente) da 2.50 a 33.00 m

Gn = 19.5 kN/m3                      Ge = 9.5 kN/m3  
 Tau = K \* tan(delta) \* S'v < 150.0 kPa  
     K = .70                      delta = 35.0 deg  
 Qb = 15.0 \* S'v < 5800. kPa

pag./ 4

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 pile  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "ba3 "	1.00	1.00	1.00
2 "SSR "	1.00	1.00	-

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

Per terreni coesivi: Criterio Tau = alfa \* Cu

Cu kPa	alfa
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
51.0	.60
75.0	.60
75.1	.40
300.0	.40



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	94 di 110

pag./ 5

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 pile  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
2.50	48.8	48.8	75.0	.52	25.4	724.
3.00	58.5	58.5	--	.49	28.7	871.
3.50	68.3	68.3	--	.49	33.5	1018.
4.00	78.0	78.0	--	.49	38.2	1165.
4.50	87.8	87.8	--	.49	43.0	1312.
5.00	97.5	97.5	--	.49	47.8	1459.
5.50	102.3	107.3	--	.49	50.1	1531.
6.00	107.0	117.0	--	.49	52.4	1602.
6.50	111.8	126.8	--	.49	54.8	1674.
7.00	116.5	136.5	--	.49	57.1	1746.
7.50	121.3	146.3	--	.49	59.4	1817.
8.00	126.0	156.0	--	.49	61.8	1889.
8.50	130.8	165.8	--	.49	64.1	1961.
9.00	135.5	175.5	--	.49	66.4	2032.
9.50	140.3	185.3	--	.49	68.7	2104.
10.00	145.0	195.0	--	.49	71.1	2175.
10.50	149.8	204.8	--	.49	73.4	2246.
11.00	154.5	214.5	--	.49	75.7	2318.
11.50	159.3	224.3	--	.49	78.1	2389.
12.00	164.0	234.0	--	.49	80.4	2460.
12.50	168.8	243.8	--	.49	82.7	2531.
13.00	173.5	253.5	--	.49	85.0	2603.
13.50	178.3	263.3	--	.49	87.4	2674.
14.00	183.0	273.0	--	.49	89.7	2745.
14.50	187.8	282.8	--	.49	92.0	2816.
15.00	192.5	292.5	--	.49	94.4	2888.
15.50	197.3	302.3	--	.49	96.7	2959.
16.00	202.0	312.0	--	.49	99.0	3030.
16.50	206.8	321.8	--	.49	101.3	3101.
17.00	211.5	331.5	--	.49	103.7	3173.

pag./ 6

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 pile  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
17.50	216.3	341.3	--	.49	106.0	3244.
18.00	221.0	351.0	--	.49	108.3	3315.
18.50	225.8	360.8	--	.49	110.7	3386.
19.00	230.5	370.5	--	.49	113.0	3458.
19.50	235.3	380.3	--	.49	115.3	3529.
20.00	240.0	390.0	--	.49	117.6	3600.
20.50	244.8	399.8	--	.49	120.0	3671.
21.00	249.5	409.5	--	.49	122.3	3743.
21.50	254.3	419.3	--	.49	124.6	3814.
22.00	259.0	429.0	--	.49	126.9	3885.



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	95 di 110

22.50	263.8	438.8	--	.49	129.3	3956.
23.00	268.5	448.5	--	.49	131.6	4028.
23.50	273.3	458.3	--	.49	133.9	4099.
24.00	278.0	468.0	--	.49	136.3	4170.
24.50	282.8	477.8	--	.49	138.6	4241.
25.00	287.5	487.5	--	.49	140.9	4313.
25.50	292.3	497.3	--	.49	143.2	4384.
26.00	297.0	507.0	--	.49	145.6	4455.
26.50	301.8	516.8	--	.49	147.9	4526.
27.00	306.5	526.5	--	.49	150.0	4598.
27.50	311.3	536.3	--	.48	150.0	4669.
28.00	316.0	546.0	--	.47	150.0	4740.
28.50	320.8	555.8	--	.47	150.0	4811.
29.00	325.5	565.5	--	.46	150.0	4883.
29.50	330.3	575.3	--	.45	150.0	4954.
30.00	335.0	585.0	--	.45	150.0	5025.
30.50	339.8	594.8	--	.44	150.0	5096.
31.00	344.5	604.5	--	.44	150.0	5168.
31.50	349.3	614.3	--	.43	150.0	5239.
32.00	354.0	624.0	--	.42	150.0	5310.

pag. / 7

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 pile  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz	S'v	Sv	Cu	Tau/S'v	Tau	qb
m	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa
32.50	358.8	633.8	--	.42	150.0	5381.
33.00	363.5	643.5	--	.41	150.0	5453.

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



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	96 di 110

pag./ 8

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 pile  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	1279.	0.	1279.	581.
.50	63.	1539.	4.	1597.	728.
1.00	136.	1799.	9.	1926.	880.
1.50	220.	2059.	13.	2266.	1039.
2.00	316.	2319.	18.	2617.	1203.
2.50	423.	2579.	22.	2980.	1373.
3.00	538.	2705.	27.	3217.	1486.
3.50	659.	2832.	31.	3460.	1603.
4.00	786.	2958.	35.	3709.	1723.
4.50	917.	3085.	40.	3962.	1845.
5.00	1055.	3211.	44.	4222.	1971.
5.50	1197.	3338.	49.	4487.	2099.
6.00	1346.	3465.	53.	4757.	2230.
6.50	1499.	3591.	57.	5033.	2364.
7.00	1659.	3718.	62.	5314.	2501.
7.50	1823.	3844.	66.	5601.	2640.
8.00	1994.	3969.	71.	5892.	2783.
8.50	2169.	4095.	75.	6190.	2928.
9.00	2350.	4221.	80.	6492.	3076.
9.50	2537.	4347.	84.	6800.	3227.
10.00	2729.	4473.	88.	7114.	3381.
10.50	2927.	4599.	93.	7433.	3538.
11.00	3130.	4725.	97.	7758.	3698.
11.50	3339.	4851.	102.	8088.	3860.
12.00	3553.	4977.	106.	8423.	4026.
12.50	3772.	5103.	110.	8764.	4194.
13.00	3997.	5229.	115.	9111.	4366.
13.50	4228.	5354.	119.	9463.	4540.
14.00	4464.	5480.	124.	9821.	4717.
14.50	4705.	5606.	128.	10184.	4897.
15.00	4952.	5732.	133.	10552.	5080.
15.50	5205.	5858.	137.	10926.	5265.
16.00	5463.	5984.	141.	11305.	5454.
16.50	5726.	6110.	146.	11690.	5645.
17.00	5995.	6236.	150.	12081.	5840.
17.50	6270.	6362.	155.	12477.	6037.
18.00	6550.	6488.	159.	12878.	6237.
18.50	6835.	6614.	163.	13285.	6440.
19.00	7126.	6739.	168.	13697.	6646.
19.50	7422.	6865.	172.	14115.	6855.
20.00	7724.	6991.	177.	14539.	7066.
20.50	8031.	7117.	181.	14967.	7281.
21.00	8344.	7243.	186.	15402.	7498.
21.50	8663.	7369.	190.	15842.	7719.
22.00	8986.	7495.	194.	16287.	7942.
22.50	9316.	7621.	199.	16738.	8168.
23.00	9650.	7747.	203.	17194.	8397.
23.50	9991.	7873.	208.	17656.	8629.
24.00	10336.	7999.	212.	18123.	8864.
24.50	10688.	8124.	216.	18596.	9101.
25.00	11041.	8250.	221.	19070.	9340.
25.50	11394.	8376.	225.	19545.	9579.
26.00	11748.	8502.	230.	20020.	9818.
26.50	12101.	8628.	234.	20495.	10057.
27.00	12455.	8754.	239.	20970.	10296.
27.50	12808.	8880.	243.	21445.	10534.
28.00	13162.	9006.	247.	21920.	10773.





LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L102	02	D 78 RB	GE0005 002	B	97 di 110

28.50	13515.	9132.	252.	22395.	11012.
29.00	13868.	9258.	256.	22870.	11251.
29.50	14222.	9384.	261.	23345.	11490.
30.00	14575.	9509.	265.	23820.	11729.
30.50	14929.	9635.	269.	24295.	11967.

-----  
 Lp = Lunghezza utile del palo  
 Q<sub>l1</sub> = Portata laterale limite  
 Q<sub>b1</sub> = Portata di base limite  
 W<sub>p</sub> = Peso efficace del palo  
 Q<sub>u</sub> = Portata totale limite  
 Q<sub>d</sub> = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS_{,l} + Q_{b1}/FS_{,b} - W_p$

### 10.1.2 Stratigrafia 2 - spalle

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

pag./ 2

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 spalle  
 Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c. = 2.50 m  
 Quota falda da p.c. = 5.00 m  
 Peso di volume del palo = 5.00 kN/m<sup>3</sup>  
 Fattore di sicurezza portata laterale = 1.70 (FS,l)  
 Fattore di sicurezza portata di base = 1.96 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1500. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
 quando la Q<sub>b,i</sub> ad esso attribuibile è superiore a quella degli  
 strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.500 = 4.50$  m  
 entro lo strato se quello sovrastante è più debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.500 = 4.50$  m  
 sopra lo strato sottostante se esso è più debole

La variazione di Q<sub>b</sub> viene assunta lineare dal passaggio di strato



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	98 di 110

pag./ 3

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 spalle  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "CGC2 " (Coesivo) da .00 a 6.00 m

Gn = 19.5 kN/m3                      Ge = 9.5 kN/m3  
 Tau = alfa \* Cu < 100.0 kPa                      Criterio alfa(Cu) nel seguito  
     Tau > .23 \* S'v  
     Tau < .55 \* S'v  
 Qb = 9.0 \* Cu + Sv  
 Cu variabile lin. da 130.0 a 130.0 kPa

Strato 2 "SSR " (Incoerente) da 6.00 a 33.00 m

Gn = 19.5 kN/m3                      Ge = 9.5 kN/m3  
 Tau = K \* tan(delta) \* S'v < 150.0 kPa  
     K = .70                      delta = 35.0 deg  
 Qb = 15.0 \* S'v < 5800. kPa

pag./ 4

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 spalle  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "CGC2 "	1.00	1.00	1.00
2 "SSR "	1.00	1.00	-

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

Per terreni coesivi: Criterio Tau = alfa \* Cu

Cu kPa	alfa
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
51.0	.60



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	99 di 110

75.0 .60  
 75.1 .40  
 300.0 .40  
 -----

pag./ 5

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 spalle  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
2.50	48.8	48.8	130.0	.55	26.8	1219.
3.00	58.5	58.5	130.0	.55	32.2	1229.
3.50	68.3	68.3	130.0	.55	37.5	1238.
4.00	78.0	78.0	130.0	.55	42.9	1248.
4.50	87.8	87.8	130.0	.55	48.3	1258.
5.00	97.5	97.5	130.0	.53	52.0	1268.
5.50	102.3	107.3	130.0	.51	52.0	1277.
6.00	107.0	117.0	130.0	.49	52.2	1287.
6.50	111.8	126.8	--	.49	54.8	1394.
7.00	116.5	136.5	--	.49	57.1	1500.
7.50	121.3	146.3	--	.49	59.4	1607.
8.00	126.0	156.0	--	.49	61.8	1713.
8.50	130.8	165.8	--	.49	64.1	1820.
9.00	135.5	175.5	--	.49	66.4	1927.
9.50	140.3	185.3	--	.49	68.7	2033.
10.00	145.0	195.0	--	.49	71.1	2140.
10.50	149.8	204.8	--	.49	73.4	2246.
11.00	154.5	214.5	--	.49	75.7	2318.
11.50	159.3	224.3	--	.49	78.1	2389.
12.00	164.0	234.0	--	.49	80.4	2460.
12.50	168.8	243.8	--	.49	82.7	2531.
13.00	173.5	253.5	--	.49	85.0	2603.
13.50	178.3	263.3	--	.49	87.4	2674.
14.00	183.0	273.0	--	.49	89.7	2745.
14.50	187.8	282.8	--	.49	92.0	2816.
15.00	192.5	292.5	--	.49	94.4	2888.
15.50	197.3	302.3	--	.49	96.7	2959.
16.00	202.0	312.0	--	.49	99.0	3030.
16.50	206.8	321.8	--	.49	101.3	3101.
17.00	211.5	331.5	--	.49	103.7	3173.

pag./ 6

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 spalle  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
17.50	216.3	341.3	--	.49	106.0	3244.
18.00	221.0	351.0	--	.49	108.3	3315.
18.50	225.8	360.8	--	.49	110.7	3386.
19.00	230.5	370.5	--	.49	113.0	3458.
19.50	235.3	380.3	--	.49	115.3	3529.



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	100 di 110

20.00	240.0	390.0	--	.49	117.6	3600.
20.50	244.8	399.8	--	.49	120.0	3671.
21.00	249.5	409.5	--	.49	122.3	3743.
21.50	254.3	419.3	--	.49	124.6	3814.
22.00	259.0	429.0	--	.49	126.9	3885.
22.50	263.8	438.8	--	.49	129.3	3956.
23.00	268.5	448.5	--	.49	131.6	4028.
23.50	273.3	458.3	--	.49	133.9	4099.
24.00	278.0	468.0	--	.49	136.3	4170.
24.50	282.8	477.8	--	.49	138.6	4241.
25.00	287.5	487.5	--	.49	140.9	4313.
25.50	292.3	497.3	--	.49	143.2	4384.
26.00	297.0	507.0	--	.49	145.6	4455.
26.50	301.8	516.8	--	.49	147.9	4526.
27.00	306.5	526.5	--	.49	150.0	4598.
27.50	311.3	536.3	--	.48	150.0	4669.
28.00	316.0	546.0	--	.47	150.0	4740.
28.50	320.8	555.8	--	.47	150.0	4811.
29.00	325.5	565.5	--	.46	150.0	4883.
29.50	330.3	575.3	--	.45	150.0	4954.
30.00	335.0	585.0	--	.45	150.0	5025.
30.50	339.8	594.8	--	.44	150.0	5096.
31.00	344.5	604.5	--	.44	150.0	5168.
31.50	349.3	614.3	--	.43	150.0	5239.
32.00	354.0	624.0	--	.42	150.0	5310.

pag. / 7

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 spalle  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz	S'v	Sv	Cu	Tau/S'v	Tau	qb
m	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa
32.50	358.8	633.8	--	.42	150.0	5381.
33.00	363.5	643.5	--	.41	150.0	5453.

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



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	101 di 110

pag./ 8

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV01 spalle  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	2154.	0.	2154.	1099.
.50	69.	2171.	4.	2236.	1144.
1.00	152.	2188.	9.	2331.	1197.
1.50	246.	2205.	13.	2439.	1257.
2.00	354.	2223.	18.	2559.	1324.
2.50	473.	2240.	22.	2691.	1399.
3.00	595.	2257.	27.	2826.	1475.
3.50	718.	2274.	31.	2961.	1552.
4.00	844.	2463.	35.	3272.	1718.
4.50	976.	2651.	40.	3587.	1887.
5.00	1113.	2839.	44.	3908.	2059.
5.50	1256.	3028.	49.	4235.	2235.
6.00	1404.	3216.	53.	4567.	2414.
6.50	1558.	3404.	57.	4905.	2596.
7.00	1717.	3593.	62.	5248.	2781.
7.50	1882.	3781.	66.	5597.	2970.
8.00	2052.	3969.	71.	5951.	3162.
8.50	2228.	4095.	75.	6248.	3325.
9.00	2409.	4221.	80.	6551.	3491.
9.50	2596.	4347.	84.	6859.	3661.
10.00	2788.	4473.	88.	7173.	3834.
10.50	2986.	4599.	93.	7492.	4010.
11.00	3189.	4725.	97.	7816.	4189.
11.50	3397.	4851.	102.	8146.	4372.
12.00	3611.	4977.	106.	8482.	4557.
12.50	3831.	5103.	110.	8823.	4746.
13.00	4056.	5229.	115.	9170.	4939.
13.50	4286.	5354.	119.	9522.	5134.
14.00	4523.	5480.	124.	9879.	5333.
14.50	4764.	5606.	128.	10242.	5535.
15.00	5011.	5732.	133.	10611.	5740.
15.50	5264.	5858.	137.	10985.	5948.
16.00	5521.	5984.	141.	11364.	6160.
16.50	5785.	6110.	146.	11749.	6374.
17.00	6054.	6236.	150.	12139.	6592.
17.50	6328.	6362.	155.	12535.	6814.
18.00	6608.	6488.	159.	12937.	7038.
18.50	6894.	6614.	163.	13344.	7266.
19.00	7184.	6739.	168.	13756.	7497.
19.50	7481.	6865.	172.	14174.	7731.
20.00	7783.	6991.	177.	14597.	7968.
20.50	8090.	7117.	181.	15026.	8209.
21.00	8403.	7243.	186.	15460.	8453.
21.50	8721.	7369.	190.	15900.	8700.
22.00	9045.	7495.	194.	16346.	8950.
22.50	9374.	7621.	199.	16796.	9204.
23.00	9709.	7747.	203.	17253.	9460.
23.50	10049.	7873.	208.	17714.	9720.
24.00	10395.	7999.	212.	18182.	9984.
24.50	10746.	8124.	216.	18654.	10250.
25.00	11100.	8250.	221.	19129.	10518.
25.50	11453.	8376.	225.	19604.	10785.
26.00	11806.	8502.	230.	20079.	11053.
26.50	12160.	8628.	234.	20554.	11321.
27.00	12513.	8754.	239.	21029.	11589.
27.50	12867.	8880.	243.	21504.	11856.
28.00	13220.	9006.	247.	21979.	12124.



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	102 di 110

28.50	13574.	9132.	252.	22453.	12392.
29.00	13927.	9258.	256.	22928.	12659.
29.50	14280.	9384.	261.	23403.	12927.
30.00	14634.	9509.	265.	23878.	13195.
30.50	14987.	9635.	269.	24353.	13463.

-----  
 Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS_{,l} + Q_{b1}/FS_{,b} - W_p$

## 10.2 IV02

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

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

pag./ 2

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV02  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c. = 2.50 m  
 Quota falda da p.c. = 5.00 m  
 Peso di volume del palo = 5.00 kN/m3  
 Fattore di sicurezza portata laterale = 1.90 (FS,l)  
 Fattore di sicurezza portata di base = 2.20 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1500. mm

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

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.500 = 4.50$  m  
 entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.500 = 4.50$  m  
 sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

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



LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	103 di 110

pag./ 3

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV02  
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "ba3 " (Coesivo) da .00 a 9.00 m

Gn = 19.5 kN/m3                      Ge = 9.5 kN/m3  
Tau = alfa \* Cu < 100.0 kPa                      Criterio alfa(Cu) nel seguito  
    Tau > .23 \* S'v  
    Tau < .55 \* S'v  
Qb = 9.0 \* Cu + Sv  
Cu variabile lin. da 75.0 a 150.0 kPa

Strato 2 "SSR " (Incoerente) da 9.00 a 33.00 m

Gn = 19.5 kN/m3                      Ge = 9.5 kN/m3  
Tau = K \* tan(delta) \* S'v < 150.0 kPa  
    K = .70                      delta = 35.0 deg  
Qb = 15.0 \* S'v < 5800. kPa

pag./ 4

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV02  
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "ba3 "	1.00	1.00	1.00
2 "SSR "	1.00	1.00	-

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

Per terreni coesivi: Criterio Tau = alfa \* Cu

Cu kPa	alfa
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
51.0	.60



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	104 di 110

75.0 .60  
 75.1 .40  
 300.0 .40  
 -----

pag. / 5

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV02  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	q <sub>b</sub> kPa
2.50	48.8	48.8	95.8	.55	26.8	911.
3.00	58.5	58.5	100.0	.55	32.2	959.
3.50	68.3	68.3	104.2	.55	37.5	1006.
4.00	78.0	78.0	108.3	.55	42.9	1053.
4.50	87.8	87.8	112.5	.51	45.0	1100.
5.00	97.5	97.5	116.7	.48	46.7	1148.
5.50	102.3	107.3	120.8	.47	48.3	1195.
6.00	107.0	117.0	125.0	.47	50.0	1242.
6.50	111.8	126.8	129.2	.46	51.7	1289.
7.00	116.5	136.5	133.3	.46	53.3	1337.
7.50	121.3	146.3	137.5	.45	55.0	1384.
8.00	126.0	156.0	141.7	.45	56.7	1431.
8.50	130.8	165.8	145.8	.45	58.3	1478.
9.00	135.5	175.5	150.0	.47	63.2	1526.
9.50	140.3	185.3	--	.49	68.7	1653.
10.00	145.0	195.0	--	.49	71.1	1781.
10.50	149.8	204.8	--	.49	73.4	1908.
11.00	154.5	214.5	--	.49	75.7	2036.
11.50	159.3	224.3	--	.49	78.1	2163.
12.00	164.0	234.0	--	.49	80.4	2291.
12.50	168.8	243.8	--	.49	82.7	2419.
13.00	173.5	253.5	--	.49	85.0	2546.
13.50	178.3	263.3	--	.49	87.4	2674.
14.00	183.0	273.0	--	.49	89.7	2745.
14.50	187.8	282.8	--	.49	92.0	2816.
15.00	192.5	292.5	--	.49	94.4	2888.
15.50	197.3	302.3	--	.49	96.7	2959.
16.00	202.0	312.0	--	.49	99.0	3030.
16.50	206.8	321.8	--	.49	101.3	3101.
17.00	211.5	331.5	--	.49	103.7	3173.
17.50	216.3	341.3	--	.49	106.0	3244.
18.00	221.0	351.0	--	.49	108.3	3315.
18.50	225.8	360.8	--	.49	110.7	3386.
19.00	230.5	370.5	--	.49	113.0	3458.
19.50	235.3	380.3	--	.49	115.3	3529.
20.00	240.0	390.0	--	.49	117.6	3600.
20.50	244.8	399.8	--	.49	120.0	3671.
21.00	249.5	409.5	--	.49	122.3	3743.
21.50	254.3	419.3	--	.49	124.6	3814.
22.00	259.0	429.0	--	.49	126.9	3885.
22.50	263.8	438.8	--	.49	129.3	3956.
23.00	268.5	448.5	--	.49	131.6	4028.
23.50	273.3	458.3	--	.49	133.9	4099.
24.00	278.0	468.0	--	.49	136.3	4170.
24.50	282.8	477.8	--	.49	138.6	4241.
25.00	287.5	487.5	--	.49	140.9	4313.
25.50	292.3	497.3	--	.49	143.2	4384.
26.00	297.0	507.0	--	.49	145.6	4455.
26.50	301.8	516.8	--	.49	147.9	4526.
27.00	306.5	526.5	--	.49	150.0	4598.
27.50	311.3	536.3	--	.48	150.0	4669.
28.00	316.0	546.0	--	.47	150.0	4740.
28.50	320.8	555.8	--	.47	150.0	4811.





LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	105 di 110

29.00	325.5	565.5	--	.46	150.0	4883.
29.50	330.3	575.3	--	.45	150.0	4954.
30.00	335.0	585.0	--	.45	150.0	5025.
30.50	339.8	594.8	--	.44	150.0	5096.
31.00	344.5	604.5	--	.44	150.0	5168.
31.50	349.3	614.3	--	.43	150.0	5239.
32.00	354.0	624.0	--	.42	150.0	5310.
32.50	358.8	633.8	--	.42	150.0	5381.
33.00	363.5	643.5	--	.41	150.0	5453.

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

pag. / 8

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV02  
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	1610.	0.	1610.	732.
.50	69.	1694.	4.	1759.	802.
1.00	152.	1777.	9.	1920.	879.
1.50	246.	1861.	13.	2094.	962.
2.00	350.	1944.	18.	2277.	1050.
2.50	458.	2028.	22.	2464.	1141.
3.00	570.	2111.	27.	2655.	1233.
3.50	686.	2195.	31.	2850.	1328.
4.00	806.	2278.	35.	3049.	1424.
4.50	929.	2362.	40.	3251.	1523.
5.00	1057.	2445.	44.	3458.	1624.
5.50	1189.	2529.	49.	3669.	1726.
6.00	1324.	2612.	53.	3883.	1831.
6.50	1465.	2696.	57.	4104.	1939.
7.00	1623.	2921.	62.	4482.	2120.
7.50	1787.	3147.	66.	4868.	2305.
8.00	1958.	3372.	71.	5259.	2492.
8.50	2133.	3598.	75.	5656.	2683.
9.00	2314.	3823.	80.	6058.	2876.
9.50	2501.	4049.	84.	6466.	3073.
10.00	2693.	4274.	88.	6879.	3272.
10.50	2891.	4499.	93.	7298.	3474.
11.00	3094.	4725.	97.	7722.	3679.
11.50	3303.	4851.	102.	8052.	3842.
12.00	3517.	4977.	106.	8387.	4007.
12.50	3736.	5103.	110.	8728.	4175.
13.00	3961.	5229.	115.	9075.	4347.
13.50	4192.	5354.	119.	9427.	4521.
14.00	4428.	5480.	124.	9785.	4698.
14.50	4669.	5606.	128.	10148.	4878.
15.00	4916.	5732.	133.	10516.	5061.
15.50	5169.	5858.	137.	10890.	5246.
16.00	5427.	5984.	141.	11270.	5435.
16.50	5690.	6110.	146.	11654.	5626.
17.00	5959.	6236.	150.	12045.	5821.
17.50	6234.	6362.	155.	12441.	6018.
18.00	6514.	6488.	159.	12842.	6218.
18.50	6799.	6614.	163.	13249.	6421.
19.00	7090.	6739.	168.	13661.	6627.
19.50	7386.	6865.	172.	14079.	6836.



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	106 di 110

20.00	7688.	6991.	177.	14503.	7048.
20.50	7995.	7117.	181.	14932.	7262.
21.00	8308.	7243.	186.	15366.	7480.
21.50	8627.	7369.	190.	15806.	7700.
22.00	8950.	7495.	194.	16251.	7923.
22.50	9280.	7621.	199.	16702.	8149.
23.00	9614.	7747.	203.	17158.	8378.
23.50	9955.	7873.	208.	17620.	8610.
24.00	10300.	7999.	212.	18087.	8845.
24.50	10652.	8124.	216.	18560.	9083.
25.00	11005.	8250.	221.	19034.	9321.
25.50	11358.	8376.	225.	19509.	9560.
26.00	11712.	8502.	230.	19984.	9799.
26.50	12065.	8628.	234.	20459.	10038.
27.00	12419.	8754.	239.	20934.	10277.
27.50	12772.	8880.	243.	21409.	10516.
28.00	13126.	9006.	247.	21884.	10754.
28.50	13479.	9132.	252.	22359.	10993.
29.00	13832.	9258.	256.	22834.	11232.
29.50	14186.	9384.	261.	23309.	11471.
30.00	14539.	9509.	265.	23784.	11710.
30.50	14893.	9635.	269.	24259.	11948.

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

## 11 APPENDICE B: VALUTAZIONE DEL MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO - TABULATI DI CALCOLO MR

### 11.1 IV01

Coeff. di Matlock e Reese-palo D=1200

Lunghezza palo	Lp	=	25.00 m
Diametro palo	D	=	1.20 m
Modulo elastico palo	Ep	=	30000.00 MPa
Rigidezza flessionale	EJ	=	3053629.00 kN*m2

Definizione per punti del modulo di reazione del terreno E

Prof. m	E kN/m2
.000	26250.00
1.500	26250.00
1.510	32000.00
6.500	72000.00
6.510	35000.00
15.500	35000.00
15.600	70000.00
50.000	70000.00

Per il primo segmento:  
 Modulo iniziale Eo = 26250.000 kN/m2  
 Gradiente del modulo Kh = .000 kN/m3

Lunghezza elastica  $T = (EJ/Eo)^{0.25} = 3.284$  m  
 $Z_{max} = Lp/T = 7.612$



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	107 di 110

Coefficienti adimensionali di flessibilita' della sommita' del palo:

Ay = 1.2383  
 As = By = .9642  
 Bs = 1.3629

Spostamento:  $d = A_y F_o T^3/EJ + B_y M_o T^2/EJ$   
 Rotazione:  $r = A_s F_o T^2/EJ + B_s M_o T / EJ$

Per sommita' palo impedita di ruotare:

$M_o = - (T A_s/B_s) * F_o = - \alpha * F_o$        $\alpha = 2.3233 \text{ m}$

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Taglio:  $F = A_v F_o + B_v M_o/T$   
 Momento:  $M = A_m F_o T + B_m M_o$

Coeff. di Matlock e Reese-palo D=1200

Momento adimensionale lungo il fusto del palo  
 con sommita' impedita di ruotare

z m	Mad -
.000	1.0000
.781	.6859
1.563	.4146
2.344	.1907
3.125	.0172
3.906	-.1070
4.688	-.1862
5.469	-.2266
6.250	-.2355
7.500	-.2084
8.750	-.1673
10.000	-.1234
11.250	-.0832
12.500	-.0497
14.583	-.0103
16.667	.0100
18.750	.0123
21.875	.0046
25.000	.0000

Momento:  $M(z) = M_o * Mad(z)$

Coefficienti adimensionali di Matlock e Reese

z/T	A <sub>v</sub>	A <sub>m</sub>	B <sub>v</sub>	B <sub>m</sub>
.000	1.0000	.0000	.0000	1.0000
.238	.7328	.2045	-.1931	.9749
.476	.5071	.3518	-.3284	.9119
.714	.2847	.4452	-.4331	.8200
.952	.0921	.4890	-.4939	.7084



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA

LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L102	02	D 78 RB	GE0005 002	B	108 di 110

1.189	-.0608	.4915	-.5106	.5877
1.427	-.1696	.4628	-.4873	.4679
1.665	-.2342	.4135	-.4307	.3578
1.903	-.2588	.3537	-.3413	.2645
2.284	-.2452	.2561	-.2526	.1536
2.664	-.2068	.1693	-.1778	.0720
3.045	-.1598	.0994	-.1138	.0172
3.426	-.1141	.0475	-.0640	-.0160
3.806	-.0725	.0119	-.0261	-.0329
4.441	-.0309	-.0198	.0044	-.0383
5.075	.0038	-.0278	.0205	-.0293
5.709	.0162	-.0198	.0189	-.0157
6.661	.0109	-.0052	.0076	-.0027
7.612	.0000	.0000	.0000	.0000

-----



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	109 di 110

## 11.2 IV02

Coeff. di Matlock e Reese-palo D=1200 IV05

Lunghezza palo Lp = 25.00 m  
 Diametro palo D = 1.20 m  
 Modulo elastico palo Ep = 30000.00 MPa  
 Rigidezza flessionale EJ = 3053629.00 kN\*m2

Definizione per punti del modulo di reazione del terreno E

Prof. m	E kN/m2
.000	20000.00
12.500	120000.00
17.000	120000.00
17.100	45500.00
20.500	45500.00
20.510	120000.00
50.000	120000.00

Per il primo segmento:

Modulo iniziale Eo = 20000.000 kN/m2  
 Gradiente del modulo Kh = 8000.000 kN/m3  
 Lunghezza elastica  $T = (EJ/Kh)^{0.20} = 3.284$  m  
 $R = Eo / (Kh * T) = .761$   
 $Zmax = Lp / T = 7.614$

Coefficienti adimensionali di flessibilita' della sommita' del palo:

Ay = 1.2469  
 As = By = .9653  
 Bs = 1.3481

Spostamento:  $d = Ay Fo T^3/EJ + By Mo T^2/EJ$   
 Rotazione:  $r = As Fo T^2/EJ + Bs Mo T / EJ$

Per sommita' palo impedita di ruotare:

$Mo = - (T As/Bs) * Fo = - \text{alfa} * Fo$        $\text{alfa} = 2.3513$  m

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Taglio:  $F = Av Fo + Bv Mo/T$   
 Momento:  $M = Am Fo T + Bm Mo$



LINEA PESCARA - BARI  
 RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
 LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA  
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica generale – Viabilità Campomarino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D 78 RB	GE0005 002	B	110 di 110

Coef. di Matlock e Reese-palo D=1200 IV05

Momento adimensionale lungo il fusto del palo  
 con sommita' impedita di ruotare

z m	Mad -
.000	1.0000
.781	.6861
1.563	.4144
2.344	.1907
3.125	.0167
3.906	-.1091
4.688	-.1909
5.469	-.2352
6.250	-.2492
7.500	-.2271
8.750	-.1758
10.000	-.1176
11.250	-.0662
12.500	-.0284
14.583	.0036
16.667	.0103
18.750	.0073
21.875	.0019
25.000	.0000

Momento:  $M(z) = M_0 * Mad(z)$

Coefficienti adimensionali di Matlock e Reese

z/T	Av	Am	Bv	Bm
.000	1.0000	.0000	.0000	1.0000
.238	.7621	.2098	-.1707	.9791
.476	.5206	.3622	-.3160	.9202
.714	.2947	.4586	-.4241	.8310
.952	.0984	.5043	-.4907	.7209
1.190	-.0594	.5078	-.5163	.6000
1.428	-.1753	.4786	-.5059	.4774
1.665	-.2497	.4269	-.4672	.3609
1.903	-.2889	.3620	-.4040	.2562
2.284	-.2873	.2496	-.2963	.1214
2.665	-.2392	.1478	-.1842	.0305
3.045	-.1710	.0693	-.0915	-.0207
3.426	-.1036	.0175	-.0264	-.0418
3.807	-.0453	-.0108	.0135	-.0435
4.441	.0011	-.0220	.0286	-.0272
5.076	.0126	-.0156	.0176	-.0115
5.710	.0101	-.0081	.0085	-.0039
6.662	.0041	-.0007	.0015	.0009
7.614	.0000	.0000	.0000	.0000