



Comune di Messina

IMPRESA APPALTATRICE



30015 Chioggia (VE)
Banchina F - Val da Rio
www.coedmar.it

Tel. +39 041 4967 925
Fax +39 041 4967 914
contratti@coedmar.it

COOPTATA



40132 Bologna
Via M. E. Lepido, 182/2
www.consorziointegra.it

Tel. +39 051 3161 300
integra@consorziointegra.it

PROGETTAZIONE



30035 Mirano (VE)
Viale Belvedere, 8/10
www.fm-ingegneria-com

Tel. +39 041 5785 711
Fax +39 041 4355 933
tremestieri@fm-ingegneria.com



20148 Milano
Via Caccialepori, 27

Tel. +39 02 8942 2685
Fax +39 02 8942 5133
mail@idrotec-ingegneria.it

Ing. Vincenzo Iacopino

Viale Regina Elena, 125 - Messina

Studio Tecnico Falzea

Via 1° Settembre, 37 - Messina

Arch. Claudio Lucchesi

Via Roma, 117 - Pace del Mela (ME)

Ing. Manlio Marino

Via Placida, 6 - Messina

Dott. Geol. Sergio Dolfin

Via Marina, 4 - Torre Faro (ME)

PROGETTO

**COMUNE DI MESSINA
LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA
LOGISTICA INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO
SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE**

EMISSIONE

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO

A - PARTE GENERALE

Relazione geotecnica

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
1					
2					
3					
4					
5					

ELABORATO N.

A007

DATA: Ottobre 2017	SCALA: -	FILE: 1044_A007_0.doc	J.N. 1044
PROGETTO L. Masiero	DISEGNO L. Masiero	VERIFICA L. Masiero	APPROVAZIONE T. Tassi

INDICE

1	SINTESI DELLA RELAZIONE.....	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
2.1	LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI.....	3
2.2	NORMATIVA EUROPEA ED INTERNAZIONALE	3
3	INDAGINI GEOTECNICHE.....	4
3.1	CAMPAGNA DI INDAGINI A BASE DI GARA.....	4
3.2	CAMPAGNA DI INDAGINI PER AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO.....	4
4	INQUADRAMENTO SISMICO	5
5	SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE	7
6	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DEL SOTTOSUOLO	9
6.1	PIAZZALE / SCOGLIERA SUD.....	9
6.2	BANCHINA DI RIVA.....	9
6.3	MOLO FORANEO.....	9
7	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI.....	10
7.1	PROPRIETÀ FISICHE.....	10
7.1.1	PESO DI VOLUME	10
7.1.2	ANALISI GRANULOMETRICHE	11
7.1.3	DENSITÀ RELATIVA	14
7.1.3.1	Prova penetrometrica dinamica SPT.....	14
7.1.3.2	Prova penetrometrica continua DPSH	16
7.1.3.3	Elaborazione risultati delle prove	17
7.2	PROPRIETÀ MECCANICHE	19
7.3	PROPRIETÀ DEFORMATIVE.....	24
8	MODELLI GEOTECNICI.....	26

1 SINTESI DELLA RELAZIONE

La presente relazione geotecnica riguarda il progetto definitivo della piattaforma logistica intermodale di Tremestieri (Messina).

La relazione è strutturata in 8 paragrafi. Dopo una breve presentazione delle normative utilizzate per la progettazione geotecnica e la descrizione dell'attività sismica, si riporta la rielaborazione delle prove in sito e di laboratorio e si definiscono i modelli geotecnici a cui ci si riferisce per le operazioni di calcolo e di verifica delle opere di progetto utilizzate per la piattaforma logistica.

I modelli geotecnici dei terreni interagenti con le opere di progetto sono stati definiti a seguito dell'elaborazione dei risultati delle indagini a base di gare e di quelle integrative.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I criteri di progettazione, dimensionamento e verifica sono conformi alle seguenti direttive:

2.1 LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI

- D.M. LL. PP. 11.3.1988 – “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circ. Min. LL. PP. 24.9.88 – “Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- D.M. 14/01/2008 - “Norme Tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 14 gennaio 2008 “*Norme Tecniche per le costruzioni*”.
- D.M. 6 maggio 2008 “*Integrazione al decreto 14 gennaio 2008 di approvazione delle nuove «Norme tecniche per le costruzioni» (Gazzetta ufficiale 02/07/2008 n. 153)*”.
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 “*Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)*”.
- Ordinanza P.C.M. del 20 marzo 2003 n°3274 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*”.
- Ordinanza P.C.M. n°3431 03 maggio 2005 “*Ulteriori modifiche ed integrazioni all’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»*”.
- Associazione Geotecnica Italiana (1977) “*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*”.
- Raccomandazioni A.I.C.A.P. (1993) – “*Ancoraggi nei terreni e nelle rocce*”.

2.2 NORMATIVA EUROPEA ED INTERNAZIONALE

- Eurocodice 1 – UNI EN 1991 - “*Azioni sulle strutture*”.
- Eurocodice 2 – UNI EN 1992 - “*Progettazione delle strutture di calcestruzzo*”.
- Eurocodice 7 – UNI ENV 1997 - “*Progettazione geotecnica*”.
- Eurocodice 8 – UNI ENV 1998-5 - “*Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici*”.

3 INDAGINI GEOTECNICHE

La caratterizzazione geotecnica del sito è stata sviluppata con riferimento alle seguenti campagne di indagine.

I risultati delle indagini in sito e di laboratorio e l'ubicazione in pianta delle verticali esplorate sono riportate nell'elaborato 1044_A004_0.

3.1 CAMPAGNA DI INDAGINI A BASE DI GARA

La campagna di indagini posta a base di gara è stata realizzata dalla società SGM S.r.l. (sede in Via Umberto, 196 – Catania) nel mese di ottobre 2008 ed è consistita in:

- n. 19 sondaggi meccanici a carotaggio continuo;
- n. 3 sondaggi meccanici a distruzione di nucleo;
- n. 110 prove penetrometriche dinamiche SPT;
- prove penetrometriche continue DPSH;
- prelievo di n. 67 campioni con campionatore ambientale;
- prelievo di n. 46 campioni geotecnici;
- installazione di n. 2 celle di Casagrande;
- installazione di 145 ml di tubi piezometrici di Casagrande;
- installazione di 69 ml di tubi in PVC per DH;
- installazione di 102 ml di tubi inclinometrici per CH;
- analisi e prove di laboratorio costituite da:
 - caratteristiche generali;
 - analisi granulometrica;
 - prove di taglio diretto;
 - prove di colonna risonante.

3.2 CAMPAGNA DI INDAGINI PER AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO

La campagna di indagini è stata eseguita da Geo Gav S.r.l. (Via dei Gelsomini, 1 – 92026 Favara – Agrigento) tra settembre 2014 e gennaio 2015 ed è consistita in:

- n. 17 sondaggi meccanici a carotaggio continuo;
- n. 85 prove penetrometriche dinamiche SPT;
- prelievo di n. 68 campioni geotecnici;
- n. 8 prove Down-Hole;
- n. 2 prove MASW;
- n. 10 profili tomografici;
- n. 7 prove di carico su piastra Ø600;
- analisi e prove di laboratorio costituite da:
 - caratteristiche generali;
 - analisi granulometriche;
 - prove di taglio diretto.

4 INQUADRAMENTO SISMICO

In base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 (recepita dalla Regione Sicilia con Delibera n. 408 del 19 dicembre 2003) e alla successiva Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, la località di Tremestieri in Comune di Messina è classificata in **zona 1** contraddistinta da un parametro di accelerazione massima orizzontale a_g dell'ordine di pari a $0,225 - 0,275 \cdot g \text{ m/s}^2$ (valore riferito ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni) come segnalato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Denominazione	Comune	Provincia	Coordinate	Categoria			
				Decreti fino al 1984	Proposta GdL 1998	O.P.C.M. 3274/03	Riclassificazione 2004
TREMESTIERI	MESSINA	MESSINA	38° 8' 8" N 15° 31' 26" E	1	1	1	1

Il parametro di accelerazione massima orizzontale se riferito alla Classe d'Uso dell'opera, alla Vita Nominale dell'opera e alla categoria del sottosuolo di fondazione, assume i seguenti valori massimi in funzione dello stato limite utilizzato per la progettazione delle opere.

- Classe d'Uso dell'opera: III
- Vita Nominale dell'opera: 50 anni
- Categoria del sottosuolo: C

Nel caso specifico del Comune di Messina si ha:

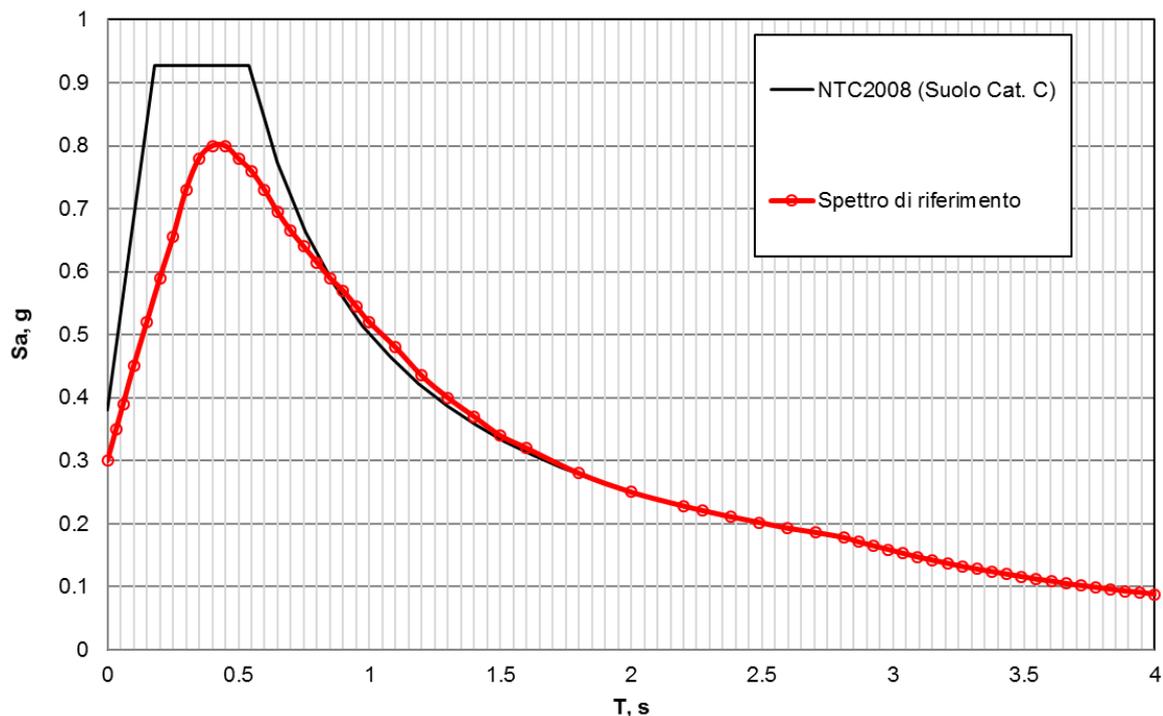
STATO LIMITE	Tr	a_g	F_0	T_c^*
SLO	45	0.080	2.349	0.287
SLD	75	0.105	2.297	0.309
SLV	712	0.305	2.410	0.372
SLC	1462	0.407	2.345	0.403

Per effetto dell'amplificazione stratigrafica e topografica, l'accelerazione al suolo a_g subisce un'amplificazione pari a $S_S \cdot S_T$. Sottosuolo e ubicazione topografica sono così definiti:

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per il progetto allo SLV delle opere in esame vengono considerati i risultati del documento "1044_A013_0 Studio di microzonazione sismica", che fornisce il seguente spettro locale (categoria di suolo C, coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1$ e fattore di struttura $q = 1$):



Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato 1044_A008_0.

5 SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

Il sistema di classificazione a grana fine e grossa è il sistema USCS sviluppato da Casagrande e riportato in Italia nelle raccomandazioni AGI.

La Figura 1 riporta la classificazione in funzione della granulometria per i terreni a grana grossa e in funzione delle caratteristiche di plasticità (limiti di Atterberg) per i terreni a grana fine.

Quando la percentuale di trattenuto al setaccio n. 200 ASTM (0.075 mm) è maggiore del 50%, si hanno terre a grana grossa. Nella classificazione, la ghiaia è compresa tra 75 mm e 4.75 mm (setaccio n. 4) e la sabbia tra il setaccio n. 4 (4.75 mm) e il setaccio n. 200 (0.075 mm). Le sigle W e P indicano rispettivamente una granulometria ben graduata e una poco graduata.

Si hanno terre a grana fine quando la percentuale di passante al vaglio n. 200 (0.075 mm) è superiore al 50%.

Nel diagramma di plasticità di Casagrande i limi, indicati con la lettera M, ricadono al di sotto della retta A, le argille, indicate con la lettera C, ricadono al di sopra della retta A.

Quando il limite di liquidità W_L è inferiore al 50% i terreni coesivi vengono indicati con la lettera L (low), con la lettera H (high) quando il limite di liquidità supera il 50%.

La retta U nel diagramma di plasticità costituisce il limite superiore del limite di liquidità e dell'indice di plasticità; vicino a questa retta ricadono le argille attive.

Le figure seguenti riportano la nomenclatura delle terre classificate in funzione della granulometria (secondo il sistema USCS) e in funzione dei limiti di liquidità secondo la carta di Casagrande.

TERRENI A GRANA GROSSA (passante al vaglio n.200<=50%)	GHIAIE passante al vaglio n.4 (4.76 mm) <50% della frazione grossolana (>0.075mm)	Ghiaie pulite (passante al vaglio n.200<5%)	GW	Ghiaie ben gradate Ghiaia e sabbia, poco o niente materiale fine	$C = D_{60}/D_{10} >4$ $1 < D_{30}^2/(D_{10} D_{60}) <3$
			GP	Ghiaie poco gradate Ghiaia e sabbia, poco o niente materiale fine	$C = D_{60}/D_{10} \leq 4$ $D_{30}^2/(D_{10} D_{60}) <1$ $D_{30}^2/(D_{10} D_{60}) >3$
		Ghiaie con materiale fine (passante al vaglio n.200>12%)	GM	Ghiaie limose, miscele di ghiaia sabbia e limo	indice plastico $IP < 4$ Limiti di Atterberg sotto la retta "A"
			GC	Ghiaie argillose, miscele di ghiaia-sabbia e argilla	indice plastico $IP > 7$ Limiti di Atterberg sopra la retta "A"
	SABBIE passante al vaglio n.4 (4.76 mm) >50% della frazione grossolana (>0.075mm)	Sabbie pulite (passante al vaglio n.200<5%)	SW	Sabbie ben gradate Sabbie ghiaiose, poco o niente materiale fine	$C = D_{60}/D_{10} >6$ $1 < D_{30}^2/(D_{10} D_{60}) <3$
			SP	Sabbie poco gradate Sabbie ghiaiose, poco o niente materiale fine	$C = D_{60}/D_{10} \leq 6$ $D_{30}^2/(D_{10} D_{60}) <1$ $D_{30}^2/(D_{10} D_{60}) >3$
		Sabbie con materiale fine (passante al vaglio n.200>12%)	SM	Ghiaie limose, miscele di ghiaia sabbia e limo	indice plastico $IP < 4$ Limiti di Atterberg sotto la retta "A"
			SC	Ghiaie argillose, miscele di ghiaia-sabbia e argilla	indice plastico $IP > 7$ Limiti di Atterberg sopra la retta "A"
TERRENI A GRANA FINE (passante al vaglio n.200>=50%)	ARGILLE e LIMI	Limite Liquido $LL < 50$	ML	Limi inorganici, limi argillosi, sabbie molto fini limose	vedi Carta di Plasticità
			CL	Argille inorganiche di media- bassa plasticità; argille limose sabbiose o ghiaiose	
			OL	Limi organici e argille-limi organici di bassa plasticità	
	ARGILLE e LIMI	Limite Liquido $LL \geq 50$	MH	Limi inorganici, limi argillosi	
			CH	Argille inorganiche di alta plasticità	
			OH	Argille organiche e argille limose di media-alta plasticità	

Figura 1 – Sistema di classificazione USCS.

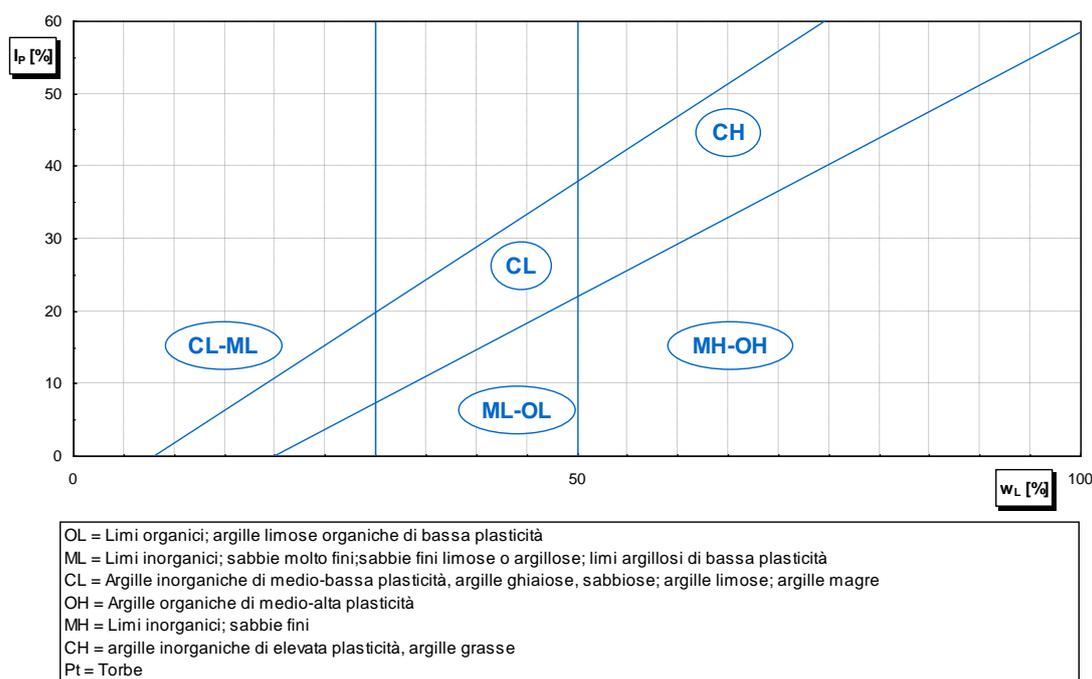


Figura 2 – Carta di plasticità di Casagrande.

Si riporta, inoltre, la classificazione e la descrizione del terreno secondo quanto riportato dalle Raccomandazioni AGI (1977).

Definizione	Diametro dei grani (mm)	Criteri di identificazione
Blocchi	> 200	Visibili ad occhio nudo
Ciottoli	200 ÷ 60	
Ghiaia	Grossa 60 ÷ 20	
	Media 20 ÷ 6	
Fine 6 ÷ 2		
Sabbia	Grossa 2 ÷ 0,6	
	Media 0,6 ÷ 0,2	
	Fine 0,2 ÷ 0,06	
Limo	0,06 ÷ 0,002	Solo se grossolano è visibile a occhio nudo – poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto – si disgrega velocemente in acqua si essicca velocemente – possiede coesione ma può essere polverizzato fra le dita
Argilla	< 0,002	I frammenti asciutti possono essere rotti, ma non polverizzati fra le dita – si disgrega in acqua lentamente – liscia al tatto – plastica – non dilatante – appiccica alle dita – asciuga lentamente – si ritira durante l'essiccazione.
Terreno organico o vegetale		Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali
Torba		Predominano resti lignei non mineralizzati, colore scuro, bassa densità.

Forma	Definizione	Arrotondamento	Descrizione
	Angolare	0,00 ÷ 0,15	Nessuno smussamento
	Sub-angolare	0,15 ÷ 0,25	Mantiene forma originale con evidenze di smussamento
	Sub-arrotondato	0,25 ÷ 0,40	Smussamento considerevole e riduzione dell'area di superficie del clasto
	Arrotondato	0,40 ÷ 0,60	Rimozione delle superfici originali, con qualche superficie piatta
	Ben arrotondato	0,60 ÷ 1,00	Superficie interamente compresa da curve ben arrotondate

Figura 3 – Classificazione secondo Raccomandazioni AGI (1977).

Per quanto riguarda la nomenclatura, si attribuisce al terreno il nome del costituente principale seguito dai costituenti secondari con i suffissi riportati nella tabella seguente in funzione della loro percentuale.

Congiunzione e suffissi	Percentuale (%) elemento secondario
con	25 ÷ 50
oso	10 ÷ 25
debolmente ... oso	5 ÷ 10

6 CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DEL SOTTOSUOLO

6.1 PIAZZALE / SCOGLIERA SUD

Si fa riferimento ai sondaggi S11, S12, S13, S14, S15, A e C.

Nel sondaggio S11 è presente uno strato di sabbia grossolana / con ghiaia / con ciottoli cui segue uno strato di sabbia debolmente limosa fino alla profondità di indagine.

Gli altri sondaggi sono caratterizzati da alternanze di strati di sabbie grossolane / sabbie con ghiaia e strati di ghiaie in matrice sabbiosa / ghiaie con sabbia.

6.2 BANCHINA DI RIVA

Si fa riferimento ai sondaggi S8, S9, S10, D, E, F e G.

Nei sondaggi eseguiti in corrispondenza della banchina di riva si trova un'alternanza di sabbie con ghiaie e ciottoli e strati di ghiaie con sabbie fino alla profondità d'indagine. Sono anche presenti degli orizzonti di sabbie debolmente limose / con limo.

6.3 MOLO FORANEO

Si fa riferimento ai sondaggi P1, P2 e P3.

I terreni in corrispondenza del molo foraneo sono caratterizzati da ghiaie fini in matrice sabbiosa grossolana per uno spessore di circa 5 m, cui segue uno strato che si estende fino alla profondità di indagine di sabbia grossolana. Nel sondaggio P1 è presente uno strato di ghiaia fine anche tra i 10 e i 22 m di profondità.

6.4 SCOGLIERA NORD

Si fa riferimento ai sondaggi S5, S6, S7, S8, G, H e I.

I sondaggi eseguiti in corrispondenza della scogliera nord evidenziano alternanze di sabbie ghiaiose / con ghiaia e ghiaie con sabbie / in matrice sabbiosa. Nei sondaggi S5 e H sono inoltre presenti blocchi di natura basaltica tra i 5 e i 10 m di profondità.

6.5 TORRENTE GUIDARI

Si fa riferimento ai sondaggi S20, S21, T1, T2, T3 e T4.

Nei sondaggi S20 e S21 si evidenzia la presenza di sabbie fini con ciottoli fino a circa 40 m di profondità, cui seguono metamorfiti.

I sondaggi T1-T5, invece, sono caratterizzati dalla presenza quasi esclusiva di ghiaie in matrice sabbiosa. Solo il sondaggio T4 presenta uno strato di spessore 4 m di sabbia grossolana tra i 9 e i 13 m di profondità.

6.6 TORRENTE FAROTA

Si fa riferimento ai sondaggi T5 E T6.

I terreni in corrispondenza del torrente Farota sono caratterizzati da sabbie con clasti e intercalazioni di ghiaia alternati a strati di ghiaia in matrice sabbiosa con ciottoli e conglomerati formati da ghiaia con ciottoli.

7 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Vengono prese in esame le principali caratteristiche geotecniche desunte dai risultati delle prove condotte in sito e in laboratorio.

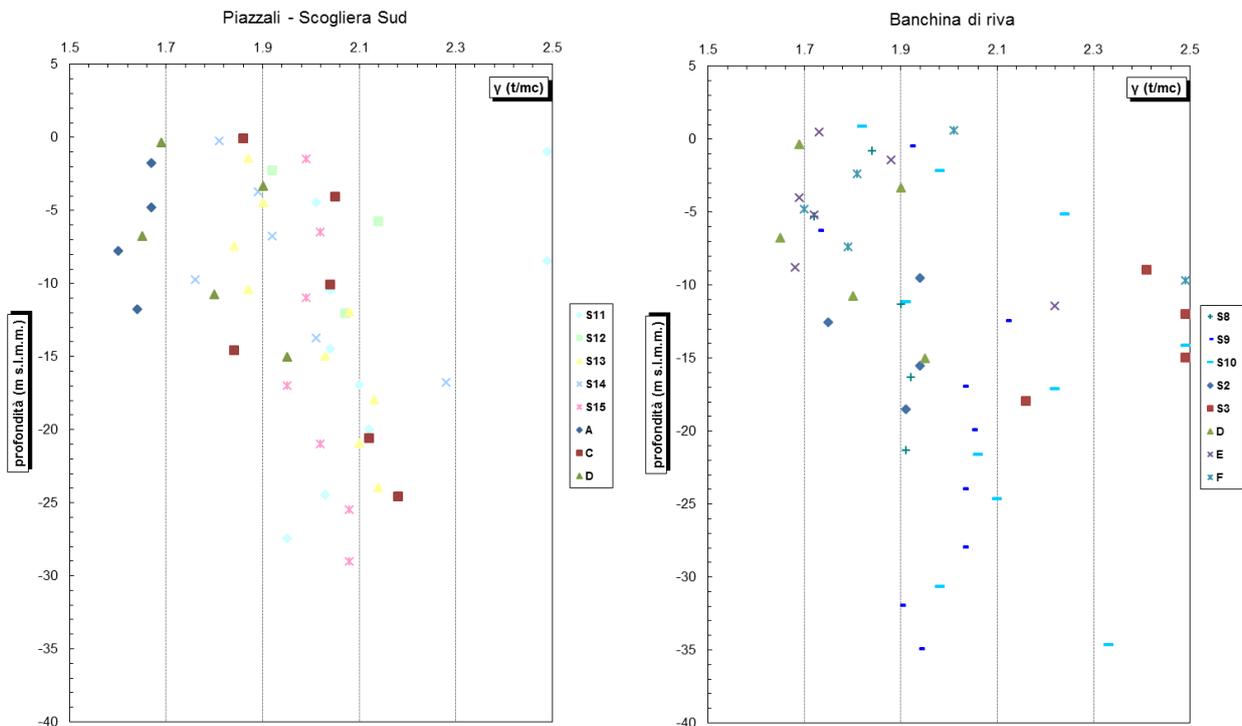
7.1 PROPRIETÀ FISICHE

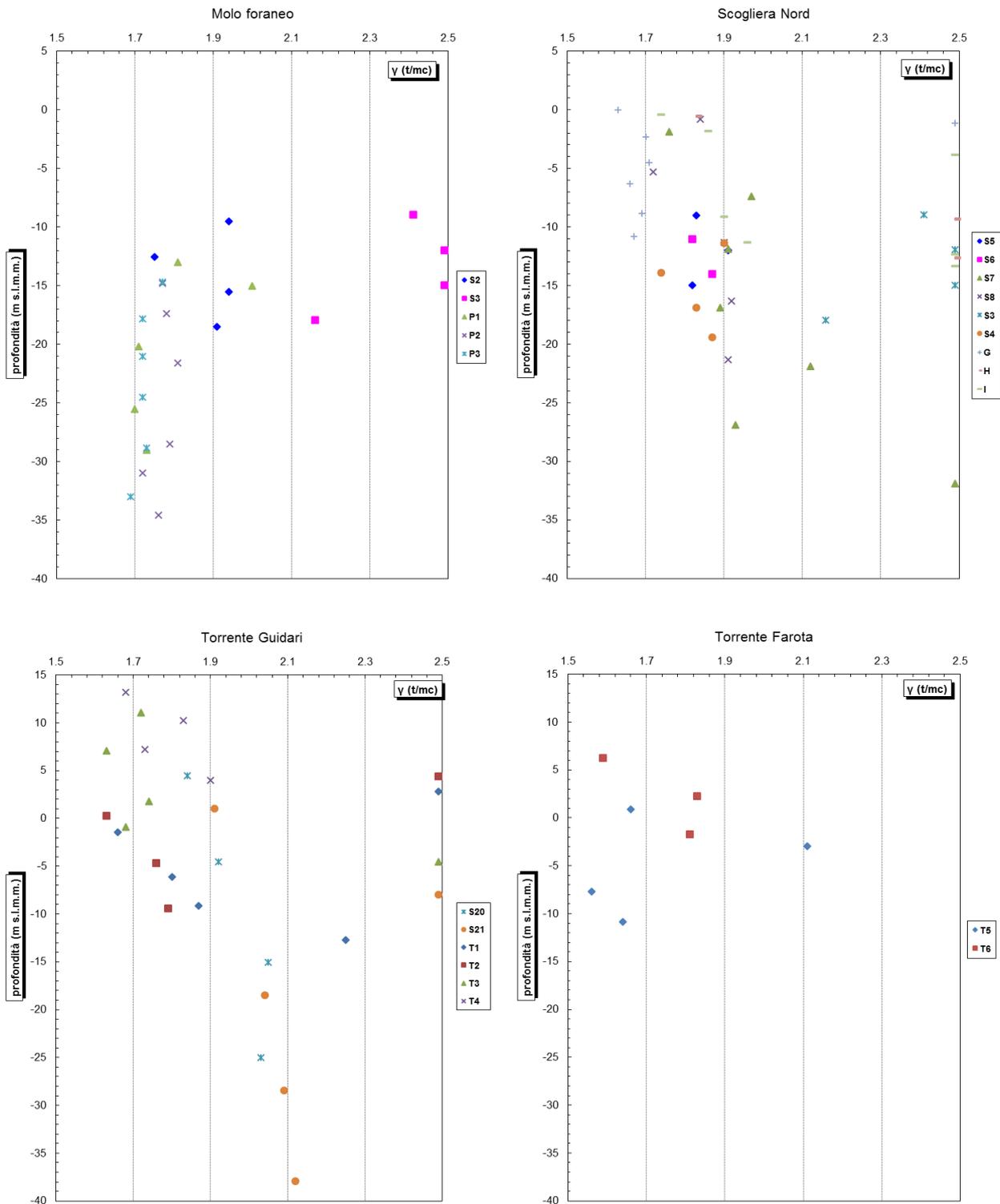
Per ciò che riguarda i materiali granulari, vista la ben nota difficoltà del recupero dei campioni indisturbati, sono stati utilizzati esclusivamente i risultati delle prove SPT e DPSH.

7.1.1 Peso di volume

Il valore del peso dell'unità di volume può essere ricavato in funzione di N_{SPT} adottando la seguente relazione:

$$\gamma = 0.01 \cdot N_{spt} + 1.50$$





7.1.2 Analisi granulometriche

Dalle analisi granulometriche di laboratorio eseguite sui campioni rimaneggiati prelevati all'interno dei sondaggi esplorativi, secondo il sistema di classificazione USCS sviluppato da Casagrande e riportato in Italia nelle Raccomandazioni AGI, si ricavano i dati riportati nelle tabelle seguenti.

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE
PROGETTO ESECUTIVO

Sondaggio	Campione	Profondità (m)			Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	G+S (%)	L+A (%)
		tetto	letto	media						
S7	C1	11.00	11.30	11.15	43.22	33.50	23.28	0.00	76.72	23.28
S8	C1	39.50	39.80	39.65	63.93	25.76	10.31	0.00	89.69	10.31
S9	C1	4.00	4.30	4.15	16.90	55.88	27.22	0.00	72.78	27.22
	C2	10.00	10.30	10.15	63.91	25.86	10.23	0.00	89.77	10.23
	C3	21.20	21.30	21.25	35.78	40.50	23.72	0.00	76.28	23.72
	C4	35.50	35.80	35.65	28.64	39.20	32.16	0.00	67.84	32.16
S10	C1	4.00	4.30	4.15	35.56	47.92	16.52	0.00	83.48	16.52
	C2	10.00	10.30	10.15	54.88	33.02	12.10	0.00	87.90	12.10
	C4	20.50	20.80	20.65	27.69	37.02	35.29	0.00	64.71	35.29
	C5	26.50	26.80	26.65	18.15	64.41	17.44	0.00	82.56	17.44
S11	C2	10.50	20.80	15.65	49.23	50.19	0.58	0.00	99.42	0.58
S12	C1	15.00	15.30	15.15	8.33	84.43	7.24	0.00	92.76	7.24
A	C1	1.50	1.70	1.60	49.54	49.60	0.86	0.00	99.14	0.86
	C2	4.00	4.20	4.10	85.28	14.53	0.19	0.00	99.81	0.19
	C3	9.00	9.20	9.10	82.78	16.40	0.82	0.00	99.18	0.82
	C4	10.00	10.20	10.10	60.45	35.94	3.61	0.00	96.39	3.61
	C5	11.00	11.20	11.10	48.64	48.73	2.63	0.00	97.37	2.63
	C6	13.50	13.70	13.60	67.33	31.59	1.08	0.00	98.92	1.08
C	C1	2.00	2.20	2.10	83.18	15.93	0.89	0.00	99.11	0.89
	C2	6.00	6.50	6.25	72.90	26.46	0.64	0.00	99.36	0.64
	C3	14.00	14.20	14.10	2.96	95.65	1.39	0.00	98.61	1.39
	C4	21.00	21.20	21.10	8.36	91.41	0.23	0.00	99.77	0.23
	C5	28.00	28.20	28.10	31.50	68.06	0.44	0.00	99.56	0.44
D	C1	1.50	1.70	1.60	49.38	50.12	0.50	0.00	99.50	0.50
	C2	3.50	3.70	3.60	79.47	20.00	0.53	0.00	99.47	0.53
	C3	8.00	8.20	8.10	46.76	51.32	1.92	0.00	98.08	1.92
	C4	9.50	9.70	9.60	66.58	32.61	0.81	0.00	99.19	0.81
	C5	10.00	10.20	10.10	31.29	68.64	0.07	0.00	99.93	0.07
	C6	15.00	15.20	15.10	69.76	27.33	2.91	0.00	97.09	2.91
	C7	19.00	20.00	19.50	76.74	22.92	0.34	0.00	99.66	0.34
	C8	23.00	24.00	23.50	99.22	0.78	0.00	0.00	100.00	0.00
	C9	25.00	25.20	25.10	69.25	29.47	1.28	0.00	98.72	1.28
	C10	28.00	29.00	28.50	28.00	53.64	18.36	0.00	81.64	18.36
E	C1	4.00	4.20	4.10	72.73	25.87	1.40	0.00	98.60	1.40
	C2	8.00	8.20	8.10	82.43	17.50	0.07	0.00	99.93	0.07
	C3	9.50	9.70	9.60	31.96	66.67	1.37	0.00	98.63	1.37
	C4	11.00	11.30	11.15	88.24	11.75	0.01	0.00	99.99	0.01
	C5	13.00	13.20	13.10	80.16	19.63	0.21	0.00	99.79	0.21
F	C1	2.00	2.20	2.10	65.34	34.53	0.13	0.00	99.87	0.13
	C2	5.00	5.20	5.10	52.11	47.44	0.45	0.00	99.55	0.45
	C3	7.00	7.30	7.15	63.54	36.12	0.34	0.00	99.66	0.34
	C4	8.00	8.30	8.15	33.51	64.56	1.93	0.00	98.07	1.93
	C5	10.50	10.70	10.60	77.34	22.56	0.10	0.00	99.90	0.10
	C6	12.40	12.60	12.50	69.21	30.65	0.14	0.00	99.86	0.14
G	C1	4.50	4.70	4.60	33.09	65.81	1.10	0.00	98.90	1.10
	C2	7.50	7.70	7.60	61.79	38.10	0.11	0.00	99.89	0.11
	C3	9.00	9.20	9.10	44.92	53.45	1.63	0.00	98.37	1.63
	C4	11.00	11.20	11.10	17.25	79.80	2.95	0.00	97.05	2.95
	C5	14.00	14.20	14.10	16.20	81.00	2.80	0.00	97.20	2.80
H	C1	1.40	1.60	1.50	19.14	80.22	0.64	0.00	99.36	0.64
	C2	4.50	4.70	4.60	48.61	51.18	0.21	0.00	99.79	0.21
	C3	7.50	7.70	7.60	75.93	23.93	0.14	0.00	99.86	0.14
	C4	11.00	11.20	11.10	72.25	27.57	0.18	0.00	99.82	0.18
	C5	14.00	14.20	14.10	62.05	37.75	0.20	0.00	99.80	0.20
	C6	16.70	16.90	16.80	64.25	35.52	0.23	0.00	99.77	0.23
	C7	18.50	18.70	18.60	65.68	34.04	0.28	0.00	99.72	0.28
I	C1	3.00	3.20	3.10	33.49	64.86	1.65	0.00	98.35	1.65
	C2	6.30	6.70	6.50	57.71	40.91	1.38	0.00	98.62	1.38
	C3	9.00	9.20	9.10	68.25	31.42	0.33	0.00	99.67	0.33
	C4	11.00	11.30	11.15	78.11	21.71	0.18	0.00	99.82	0.18
	C5	14.00	14.20	14.10	74.25	25.60	0.15	0.00	99.85	0.15
	C6	16.50	16.70	16.60	73.76	26.15	0.09	0.00	99.91	0.09
	C7	19.00	19.40	19.20	85.80	14.13	0.07	0.00	99.93	0.07

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE
PROGETTO ESECUTIVO

T1	C1	0.00	1.00	0.50	48.25	49.27	2.48	0.00	97.52	2.48
	C2	3.00	4.00	3.50	69.36	22.99	7.65	0.00	92.35	7.65
	C3	9.00	10.00	9.50	75.42	17.28	7.30	0.00	92.70	7.30
	C4	16.00	17.00	16.50	61.07	32.05	6.88	0.00	93.12	6.88
T2	C1	1.00	2.00	1.50	61.89	29.50	8.61	0.00	91.39	8.61
	C2	5.00	6.00	5.50	45.39	37.24	17.37	0.00	82.63	17.37
	C3	11.00	12.00	11.50	70.89	26.33	2.78	0.00	97.22	2.78
T3	C1	1.00	2.00	1.50	44.80	50.25	4.95	0.00	95.05	4.95
	C2	7.00	8.00	7.50	49.03	49.11	1.86	0.00	98.14	1.86
	C3	13.00	14.00	13.50	56.98	36.51	6.51	0.00	93.49	6.51
T4	C1	4.00	5.00	4.50	50.71	47.40	1.89	0.00	98.11	1.89
	C2	10.00	11.00	10.50	48.29	49.77	1.94	0.00	98.06	1.94
T5	C1	0.00	1.00	0.50	46.42	50.11	3.47	0.00	96.53	3.47
	C2	7.00	8.00	7.50	64.73	33.78	1.49	0.00	98.51	1.49
	C3	17.00	18.00	17.50	60.59	31.83	7.58	0.00	92.42	7.58
T6	C1	4.00	5.00	4.50	38.24	42.49	19.27	0.00	80.73	19.27
	C2	10.00	11.00	10.50	5.61	92.95	1.44	0.00	98.56	1.44

Tabella 1 – Risultati analisi granulometriche terreni a grana grossa.

Sondaggio	Campione	Profondità (m)			Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	G+S (%)	L+A (%)
		tetto	letto	media						
S11	C4	27.50	27.80	27.65	31.46	43.60	16.75	8.19	75.06	24.94
	C5	29.50	29.80	29.65	37.62	42.67	13.90	5.81	80.29	19.71

Tabella 2 – Risultati analisi granulometriche terreni a grana fine.

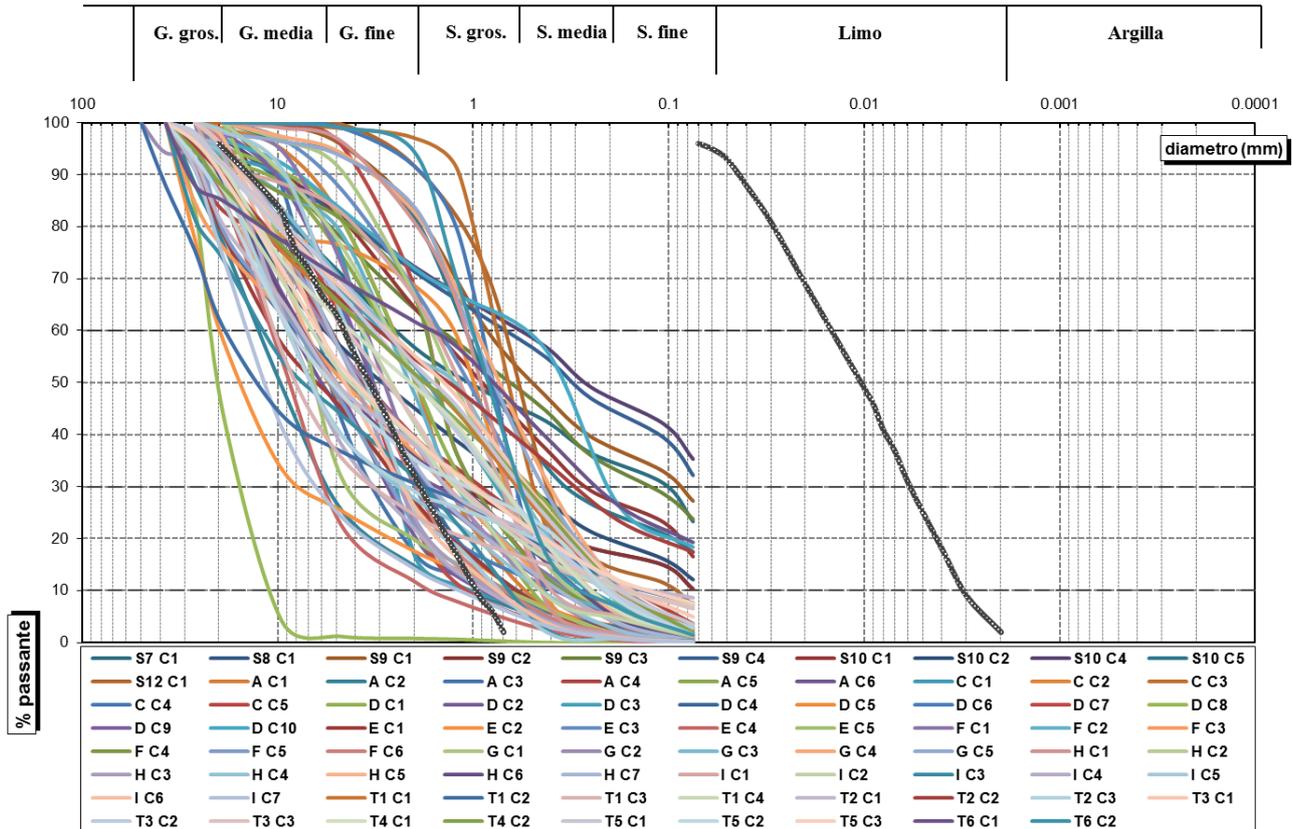


Figura 4 – Fuso granulometrico terreni a grana grossa.

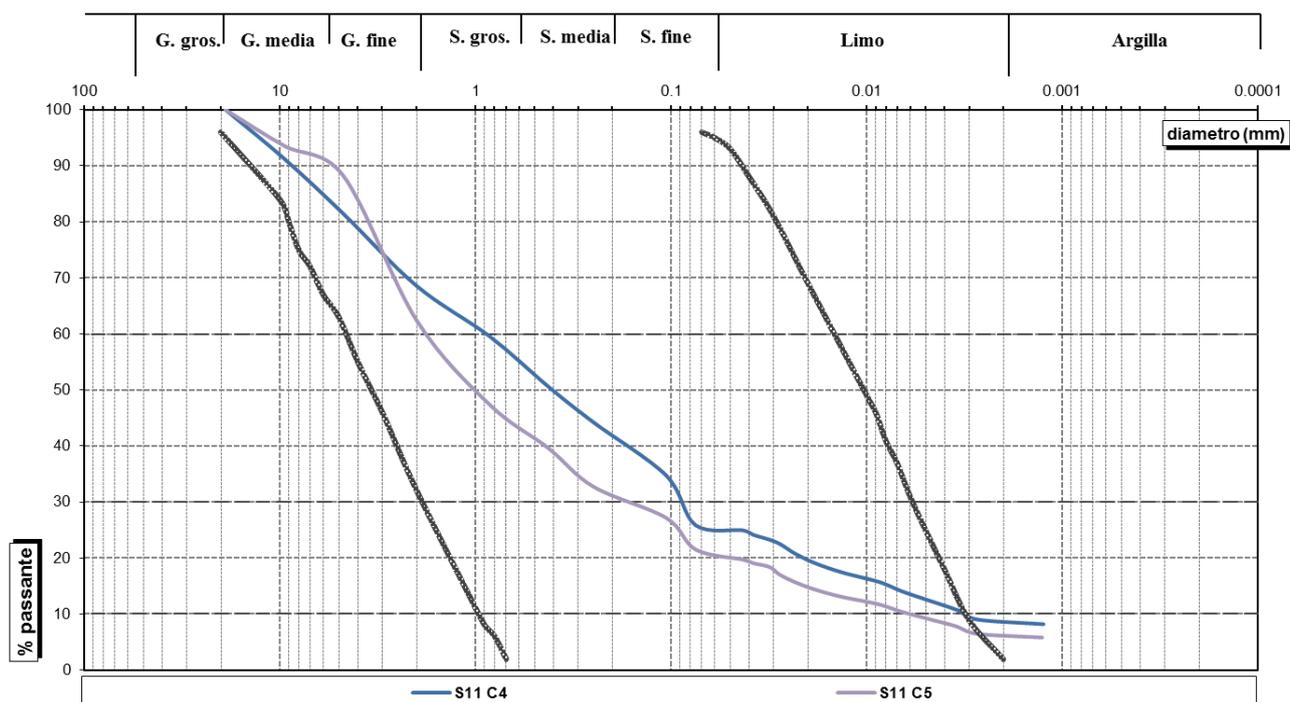


Figura 5 – Fuso granulometrico terreni a grana fine.

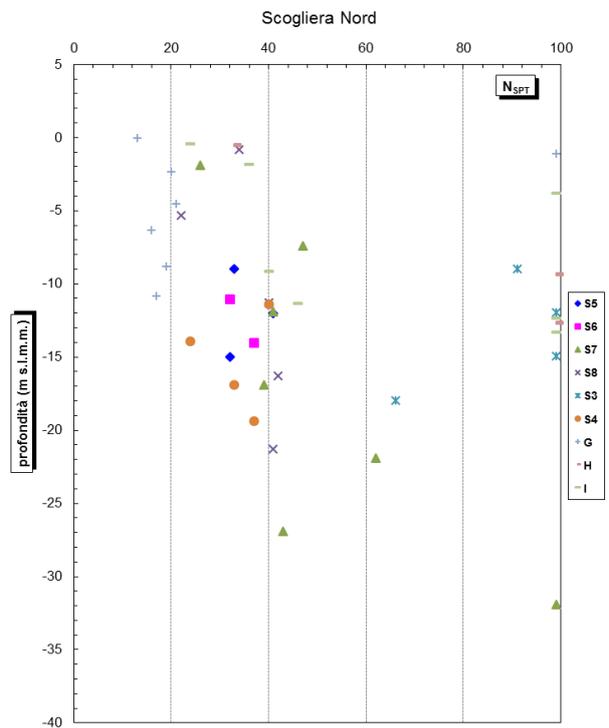
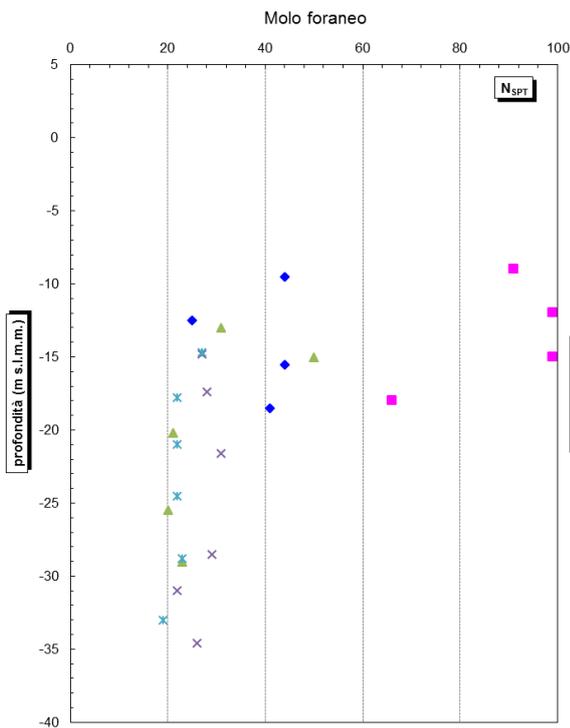
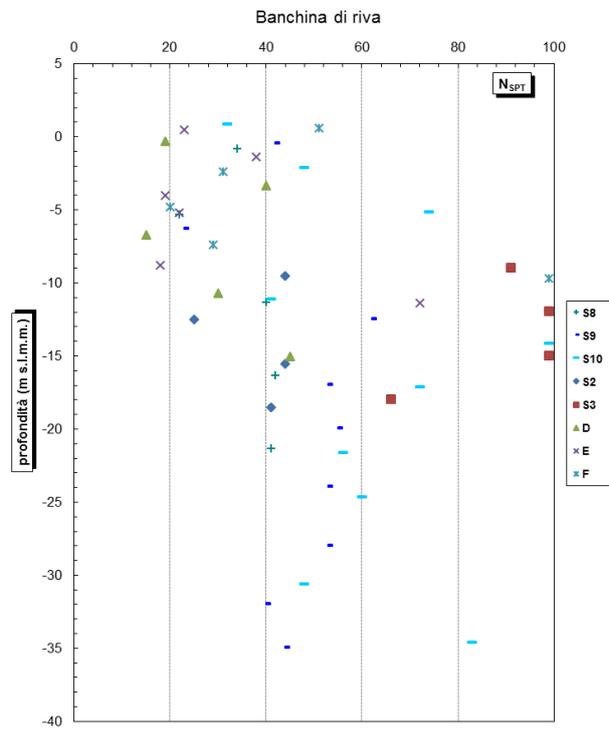
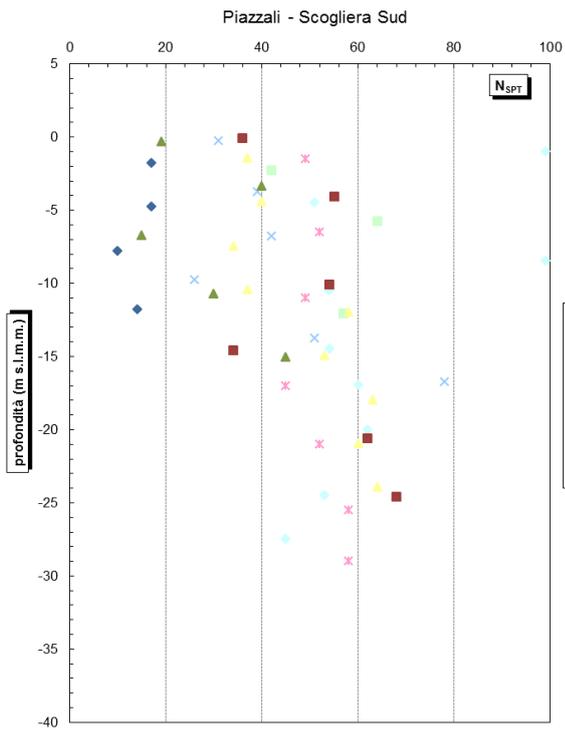
7.1.3 Densità relativa

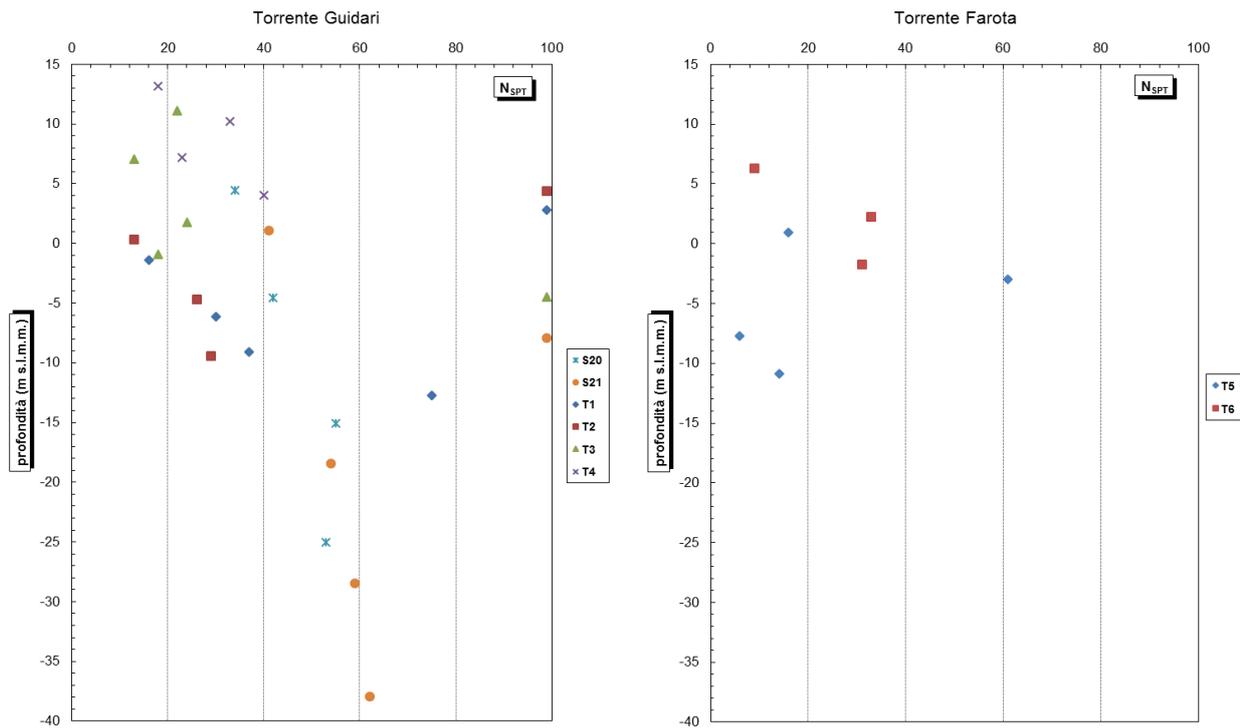
Lo stato di addensamento delle formazioni incoerenti è stato ricavato direttamente dai risultati delle prove penetrometriche SPT e DPSH.

7.1.3.1 Prova penetrometrica dinamica SPT

La prova penetrometrica dinamica SPT consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione di un campionatore infisso a partire dal fondo di un soro di sondaggio. La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno. Essa consiste nel far cadere un maglio del peso di 63.5 kg da un'altezza di 76 cm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standardizzate. Il numero di colpi necessario per una penetrazione di 30 cm (dopo i 15 cm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione (N_{SPT}). La prova viene sospesa quando il numero di colpi per un tratto di 15 cm supera il valore di 50 (rifiuto).

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE
 PROGETTO ESECUTIVO





7.1.3.2 Prova penetrometrica continua DPSH

La prova penetrometrica continua DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un dispositivo a percussione. Il campo di utilizzazione della prova è molto vasto, potendo venire eseguita praticamente in tutti i tipi di terreno coesivo o granulare (dalle argille alle ghiaie). La prova fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati. L'attrezzatura consiste di due batterie: la prima di aste (interna), la seconda di tubi metallici di rivestimento (esterna), concentriche e di un dispositivo di infissione agente a percussione. All'estremità inferiore della batteria di aste interne è collegata una punta conica avente diametro pari a 51 mm ed angolo di apertura di a 60° ed un'area di 20,43 cm². Le aste utilizzate sono lunghe 1.50 m ed hanno un peso pari a 7,13 kg per metro lineare. All'estremità inferiore della batteria di tubi di rivestimento è avvitata una scarpa sagomata. Il dispositivo di infissione della punta è costituito da un maglio avente un peso pari a 73 kg il quale cade liberamente da un'altezza di 75 cm. La prova consiste nell'infingere la punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 30 cm, misurando il numero di colpi. La prova viene interrotta nei casi in cui si superano i 100 colpi per un avanzamento di 30 cm.

Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, occorre applicare una coefficiente correttivo (α) ai risultati delle prove DPSH, per tenere conto delle diverse modalità esecutive.

$$N_{SPT} = \alpha \cdot N_{DPSH}$$

Si è dimostrato che, generalmente nelle correlazioni SPT-DPSH, il rapporto α fra il numero dei colpi misurato con i due strumenti ($N_{SPT}/N_{SPT-DPSH}$) è pari a 2 (Cestari F. [1996] "Prove geotecniche in sito").

TIPO	CORRELAZIONE	REFERENZA
PENETROMETRO MEDIO LEGGERO EMILIA	$0.83 N_{SPT10} < N_{SPT} < 1.43 N_{SPT10}$	Vannelli F. Benassi E. [1983] "Penetrometro Dinamico", Sunda DL030. Sunda srl
PENETROMETRO SUPERPESANTE DPSH MEARDI-AGI	$N_{SPT} = 2 N_{SPT,DPSH} - MEARDI$	Cestari F. [1996] "Prove geotecniche in sito", Geo-Graph, Segrate
PENETROMETRO SUPERPESANTE DPSH ISSMFE	$N_{SPT} = 0.87 N_{SPT,DPSH} - ISSMFE$	Cestari F. [1996] "Prove geotecniche in sito", Geo-Graph, Segrate

Tabella 3 – Correlazioni penetrometri dinamici.

Per l'elaborazione delle prove penetrometriche DPSH si rimanda all'elaborato 1044_A003R_1_Allegati alla relazione geologica.

7.1.3.3 Elaborazione risultati delle prove

In funzione di N_{SPT} è possibile determinare lo stato reale di addensamento dei terreni incoerenti (D_R). Per tener conto dell'effetto dell'influenza della pressione del terreno sovrastante, i valori di N_{SPT} vengono normalizzati riferendoli ad un valore unitario della pressione verticale efficace, mediante l'espressione:

$$(N_1)_{60} = C_N N_{SPT}$$

dove:

- N_{SPT} : numero di colpi misurati con la prova standard;
- $(N_1)_{60}$: valore di N_{SPT} riferito ad un valore unitario della pressione;
- C_N : coefficiente di correzione dipendente dalla tensione efficace secondo la relazione:

$$C_N = \sqrt{\frac{p_a}{\sigma'_{vo}}}$$

dove:

- p_a : pressione atmosferica;
- σ'_{vo} è la tensione efficace litostatica alla profondità di riferimento.

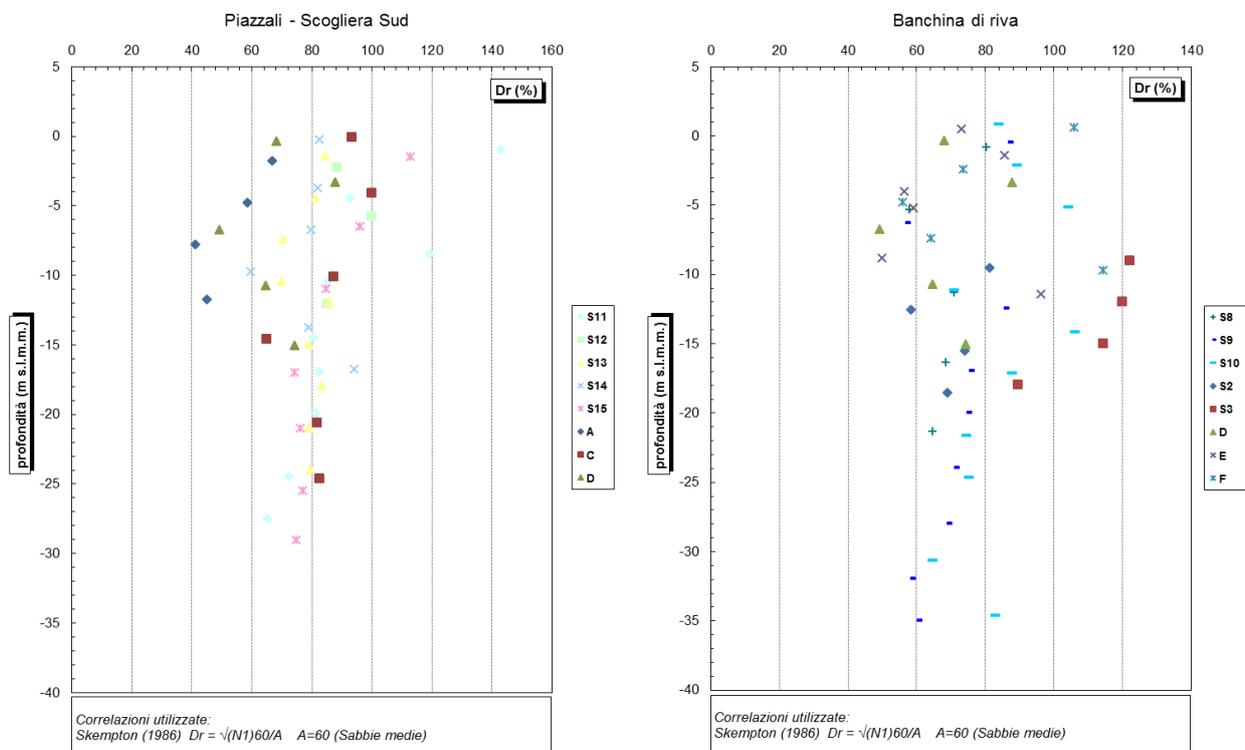
In base al valore di $(N_1)_{60}$, è possibile determinare lo stato reale di addensamento dei terreni incoerenti, in base alla formula proposta da Skempton (1986):

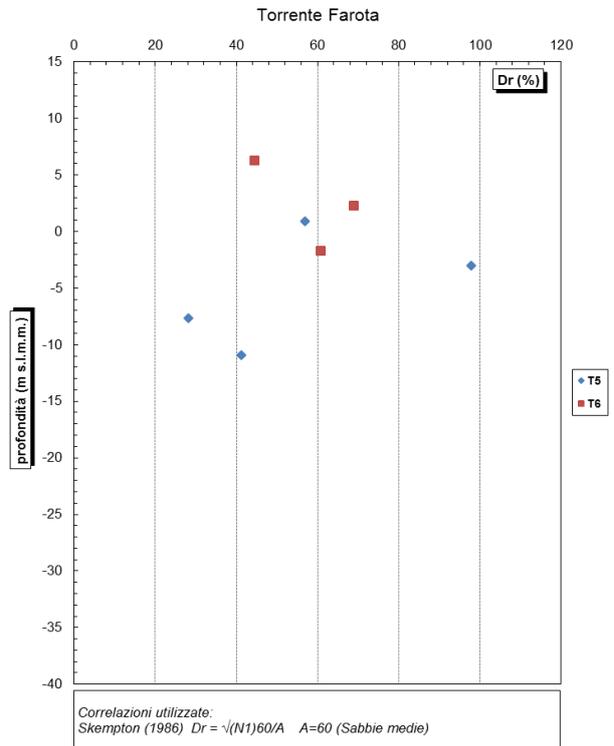
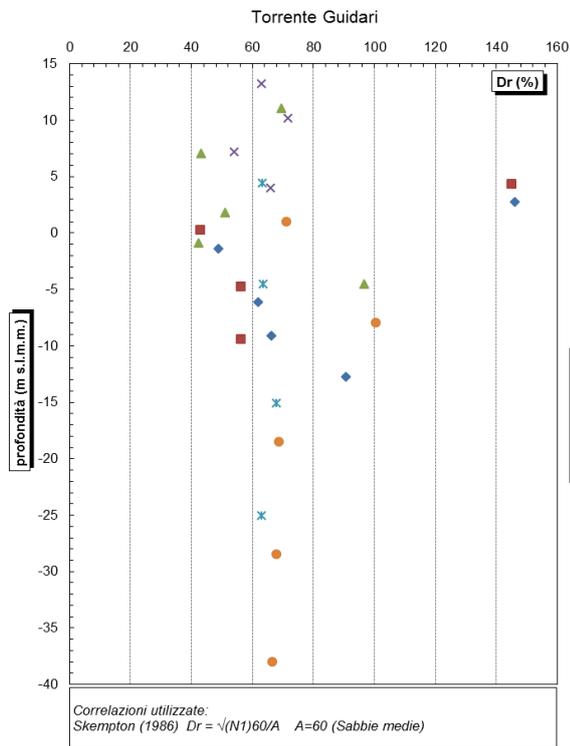
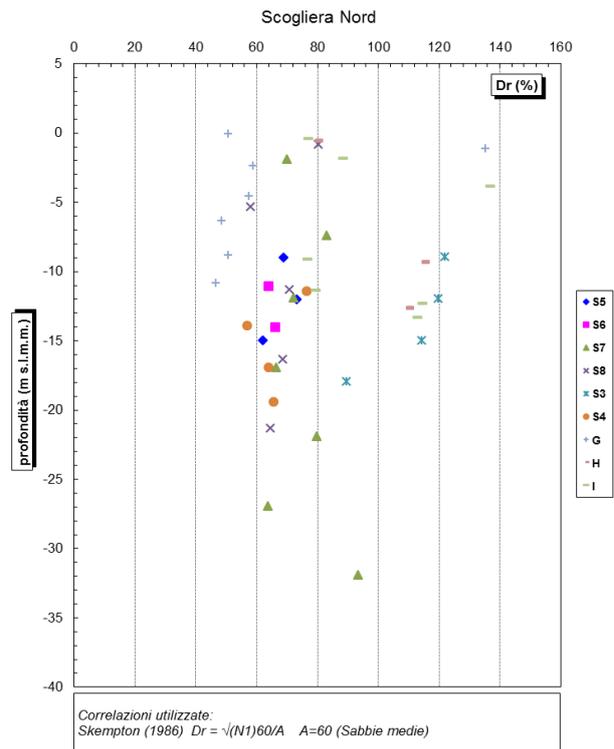
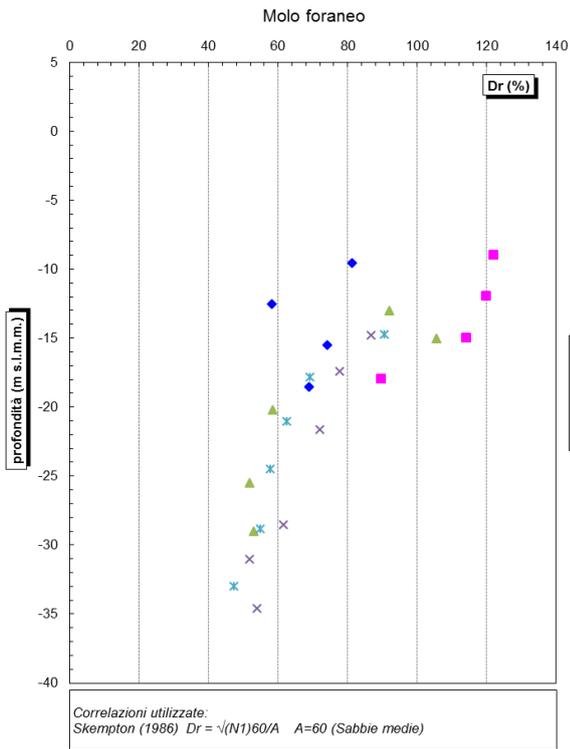
$$D_R = \sqrt{\frac{(N_1)_{60}}{A}}$$

In cui A è un parametro che tiene conto dello stato del terreno. Nel nostro caso è stato assunto il valore 65 valido per sabbie grosse.

Classificazione	D_R (%)	$(N_1)_{60}$	φ (°)
Molto sciolto	0 - 15	0 - 3	<30
Sciolto	15 - 35	3 - 8	30-35
Medio	35 - 65	8 - 25	35-40
Denso	65 - 85	25 - 42	40-45
Molto denso	85 - 100	42 - 58	>45

Tabella 4 – Classificazione di Peck e Bazaraa (1969), attraverso relazione di Skempton (1986).



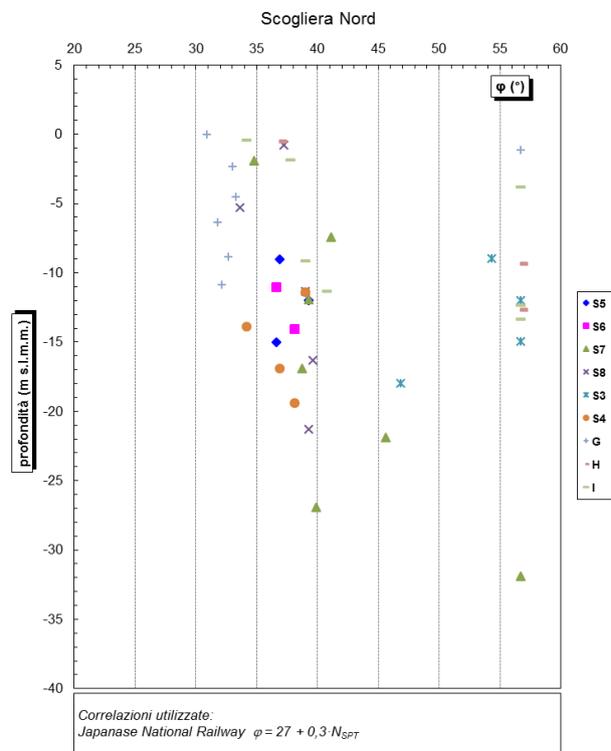
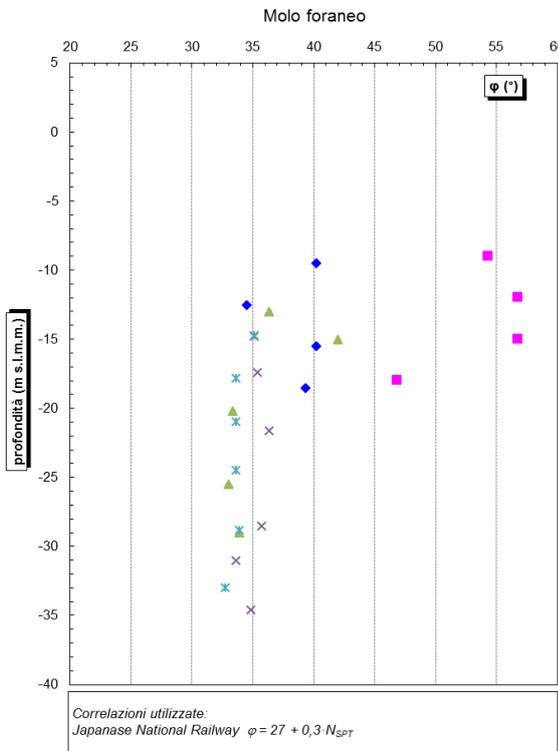
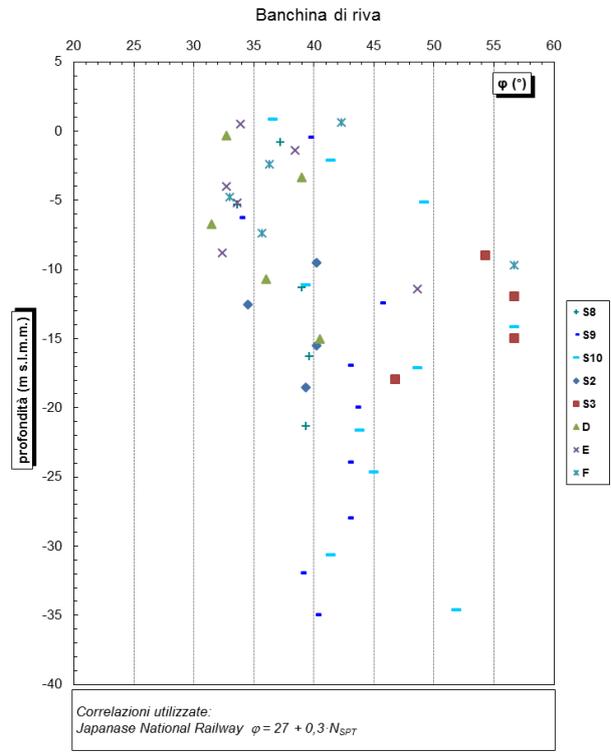
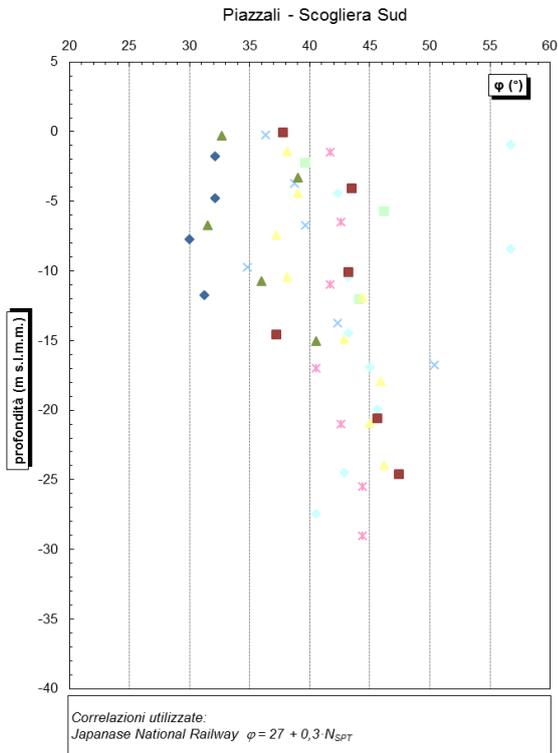


7.2 PROPRIETÀ MECCANICHE

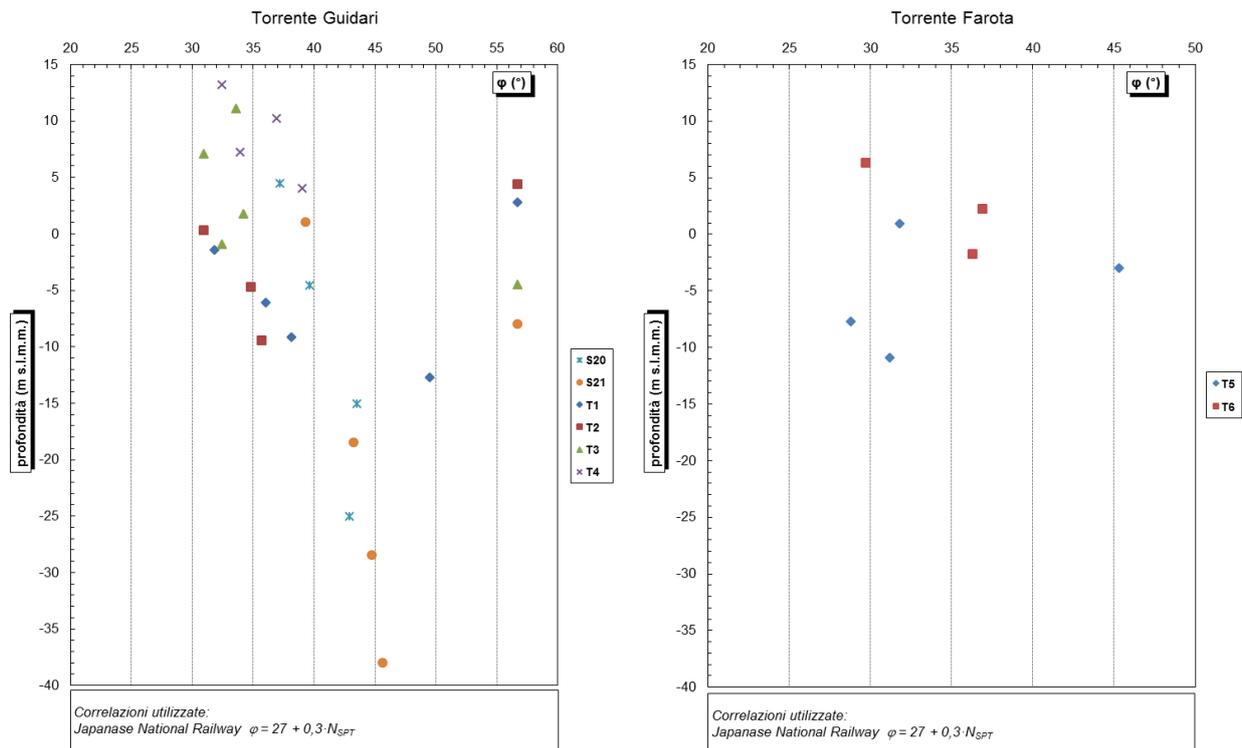
L'angolo d'attrito (φ) è stato determinato è stato determinato dalle prove SPT mediante la seguente correlazione (Japanese National Railway):

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE
 PROGETTO ESECUTIVO

$$\varphi = 27 + 0.3 \cdot N_{SPT}$$



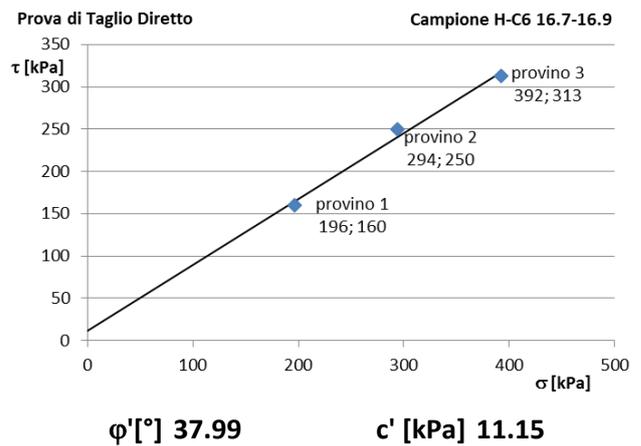
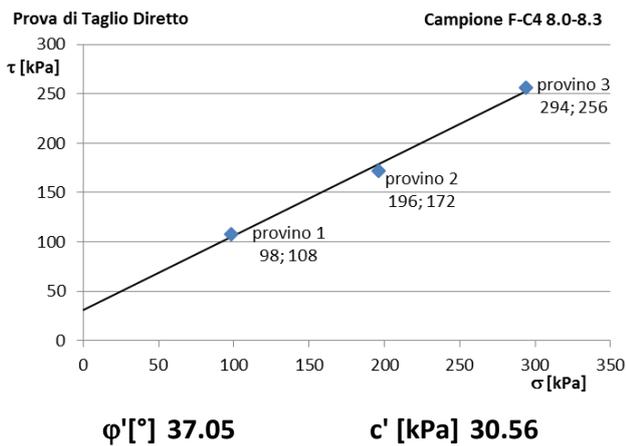
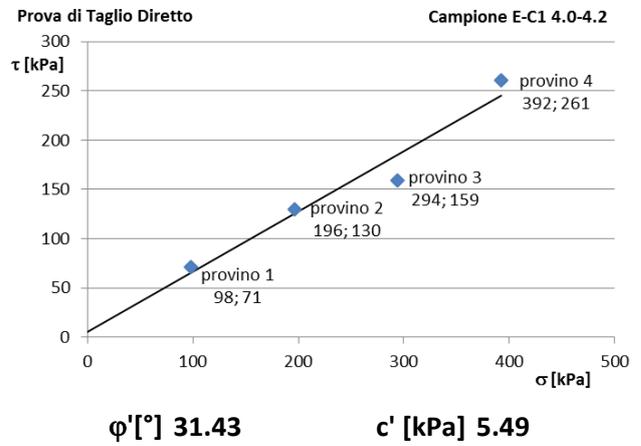
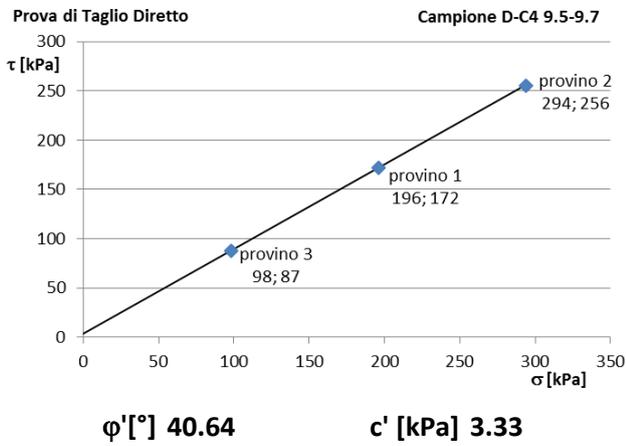
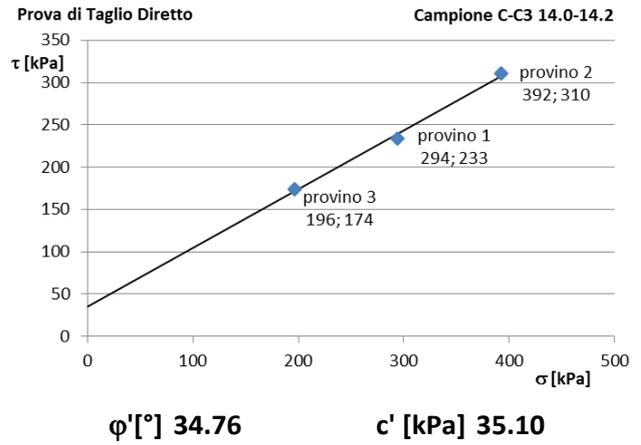
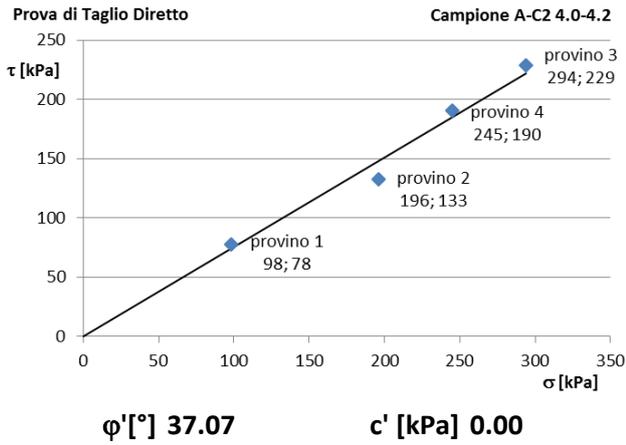
COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE
 PROGETTO ESECUTIVO



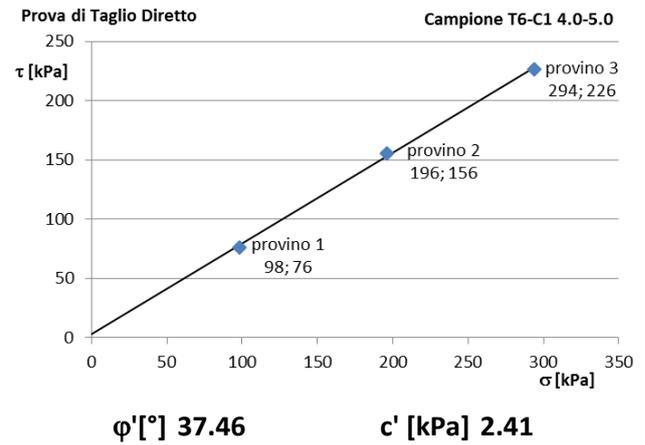
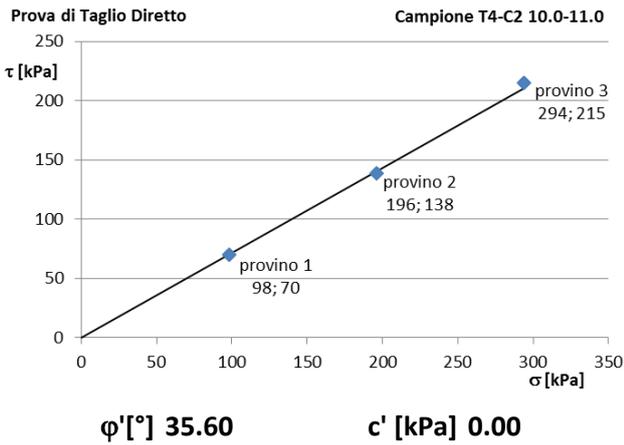
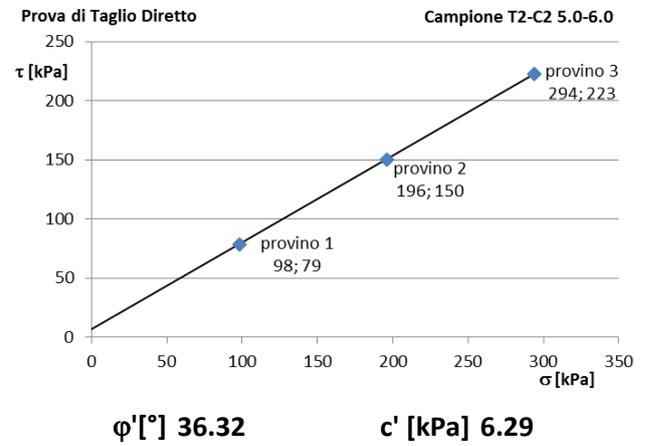
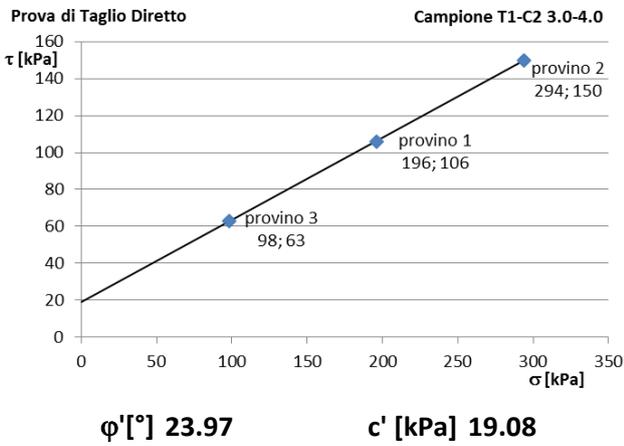
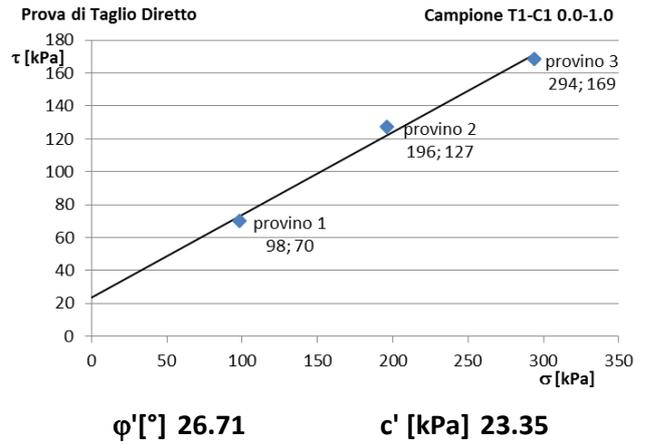
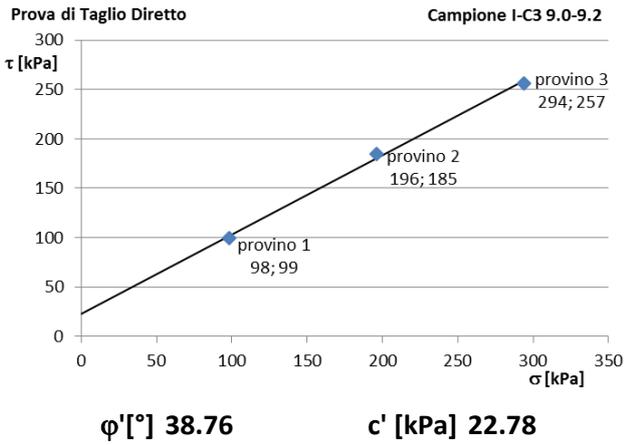
Dalle prove di taglio diretto si ricavano i seguenti risultati:

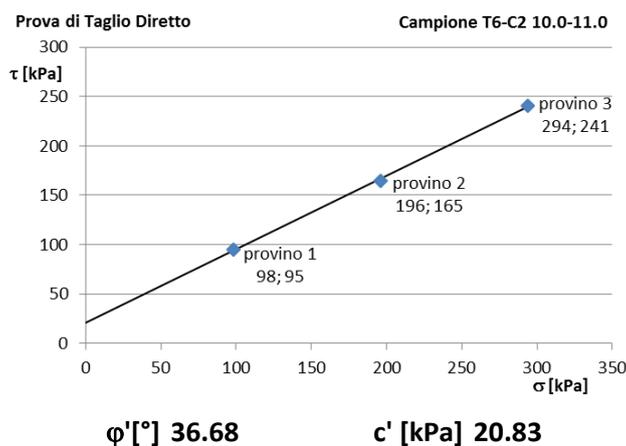
Sondaggio	Campione	Profondità (m)			φ (°)	c' (kPa)
		tetto	letto	media		
A	C2	4.00	4.20	4.10	37.07	0.00
C	C3	14.00	14.20	14.10	34.76	35.10
D	C4	9.50	9.70	9.60	40.64	3.33
E	C1	4.00	4.20	4.10	31.43	5.49
F	C4	8.00	8.30	8.15	37.05	30.56
H	C6	16.70	16.90	16.80	37.99	11.15
I	C3	8.00	8.20	8.10	38.76	22.78
T1	C1	0.00	1.00	0.50	26.71	23.35
	C2	3.00	4.00	3.50	23.97	19.08
T2	C2	5.00	6.00	5.50	23.97	19.08
T4	C2	10.00	11.00	10.50	35.60	0.00
T6	C1	4.00	5.00	4.50	37.46	2.41
	C2	10.00	11.00	10.50	36.68	20.83

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE
 PROGETTO ESECUTIVO



COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE
 PROGETTO ESECUTIVO

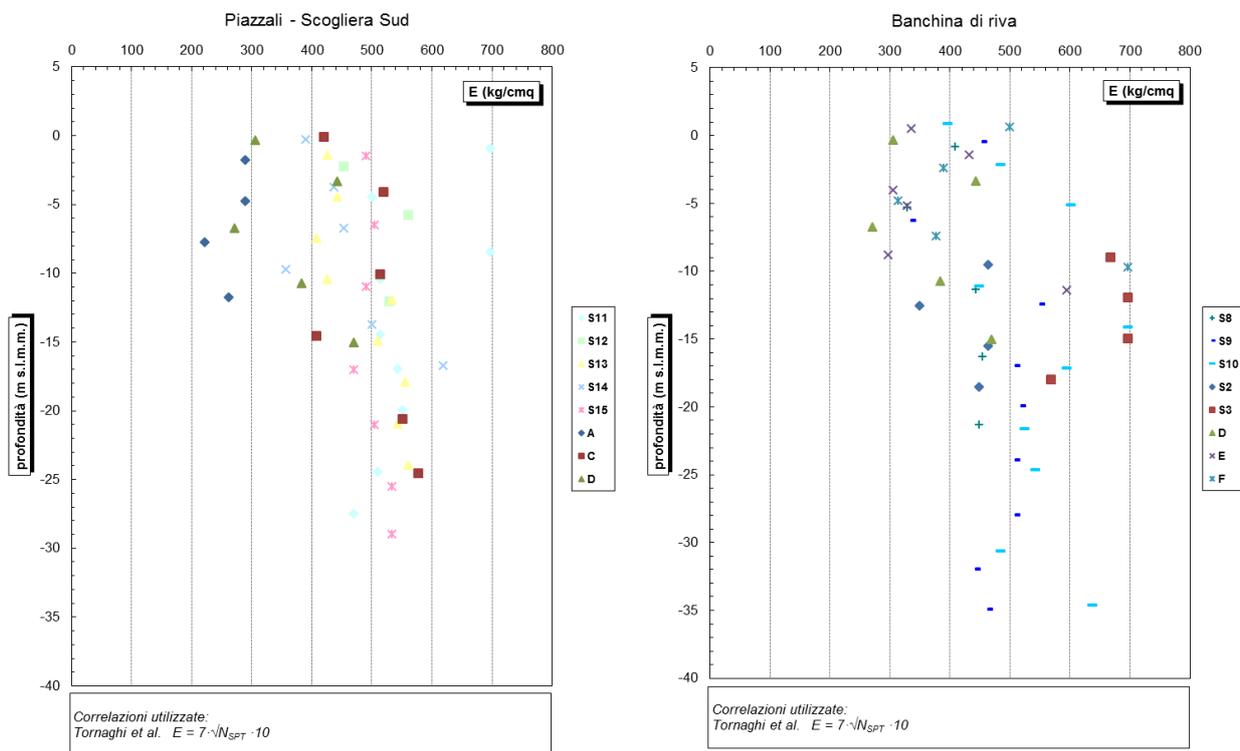




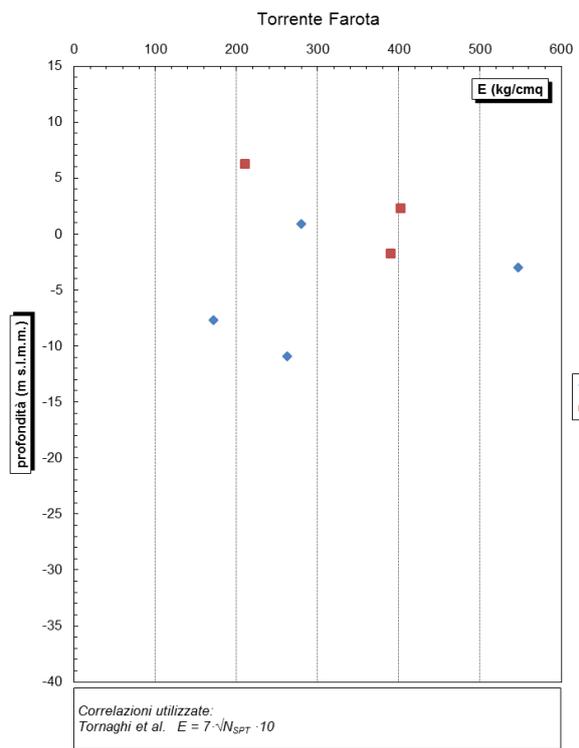
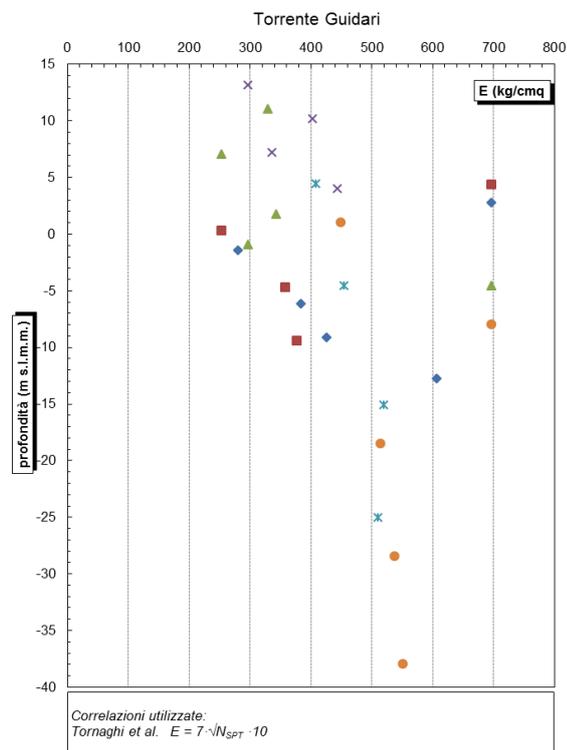
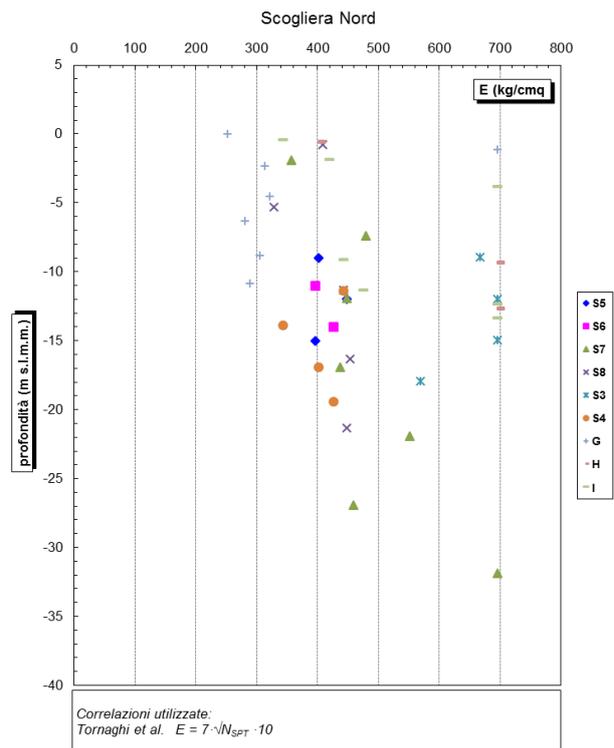
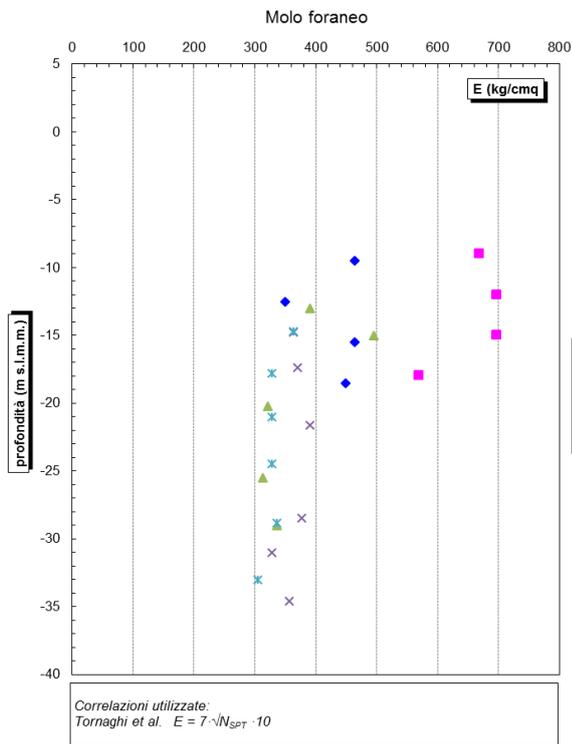
7.3 PROPRIETÀ DEFORMATIVE

Il modulo di elasticità (E) è stato determinato sulla base dei risultati delle prove SPT mediante la correlazione di Tornaghi et al..

$$E = 7 \cdot \sqrt{N_{SPT}} \cdot 10$$



COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE
 PROGETTO ESECUTIVO



8 MODELLI GEOTECNICI

Di seguito si riportano i modelli geotecnici assunti per il dimensionamento delle opere interagenti col terreno.

PIAZZALE / SCOGLIERA SUD				
z_{top}	z_{bottom}	φ	c'	E
(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kg/cm ²)
0	-12	32/40	0	300/450
-12	-30	40	0	500

BANCHINA DI RIVA				
z_{top}	z_{bottom}	φ	c'	E
(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kg/cm ²)
0	-10	35	0	350
-10	-30	40	0	500

MOLO FORANEO				
z_{top}	z_{bottom}	φ	c'	E
(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kg/cm ²)
-10	-30	35	0	350

SCOGLIERA NORD				
z_{top}	z_{bottom}	φ	c'	E
(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kg/cm ²)
0	-10	33	0	300
-10	-30	38	0	400

TORRENTE GUIDARI				
z_{top}	z_{bottom}	φ	c'	E
(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kg/cm ²)
15	-10	35	0	350
-10	-30	40	0	500

TORRENTE FAROTA				
z_{top}	z_{bottom}	φ	c'	E
(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kg/cm ²)
10	-30	30	0	200