

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

S.O. Progettazione Integrata Sud

PROGETTO DEFINITIVO

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02

SCALA:

-

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

R	S	9	0	0	0	Y	7	8	G	E	G	E	0	0	0	6	0	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	Emissione Esecutiva	Progin	Giu.2023	N. Maccaroni	Giu.2023	A. Barresi	Giu.2023	ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Tecnica S.O. Progettazione Integrata e Field Engineering Dott. Ing. Francesco Sacchi Ordine degli Ingegneri Prov. di Roma n. 231 Sez. A
B								

File: RS9000Y78GEGE0006001A

n. Elab.:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	2 di 119

SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.3	BIBLIOGRAFIA	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	8
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	8
3.2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	11
3.3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	12
4	INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE	13
4.1	PROVE DI PERMEABILITÀ	15
4.2	PROVE DILATOMETRICHE E PROVE PRESSIOMETRICHE.....	15
4.3	INCLINOMETRI.....	16
4.4	INDAGINI SISMICHE.....	16
4.5	MISURE PIEZOMETRICHE	17
4.6	PROVE DI LABORATORIO.....	21
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	26
5.1	DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE.....	26
5.2	CRITERI DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE	27
5.2.1	<i>Depositi incoerenti</i>	28
5.2.2	<i>Depositi coesivi</i>	34
5.2.3	<i>Da prove CPT</i>	38
5.2.4	<i>Materiali lapidei</i>	45



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	3 di 119

5.3	DEPOSITI ALLUVIONALI SABBIE E GHIAIE - UNITÀ B1	50
5.4	DEPOSITI ALLUVIONALI LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE– UNITÀ B2.....	58
5.5	DEPOSITI ALLUVIONALI ARGILLE LIMOSE E LIMI ARGILLOSI – UNITÀ B3	69
5.6	MATERIALE CORPO DI FRANA – UNITÀ FR	74
5.7	ARGILLE VARICOLORI – UNITÀ AVF	87
5.8	FORMAZIONE DI POLIZZI – UNITÀ POZ	108
5.9	SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	111
5.10	FALDA	113
6	CLASSIFICAZIONE SISMICA	114
6.1	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	115
6.2	AZIONI SISMICHE DI PROGETTO.....	115
6.3	MAGNITUDO.....	119

1 PREMESSA

Nel presente documento si riporta la caratterizzazione geotecnica relativa al Progetto Definitivo della nuova viabilità NV02 nell'ambito della linea ferroviaria Messina – Catania – Palermo Nuovo collegamento Palermo – Catania nella tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (Lotto 1+2).

La viabilità NV02 si colloca nella porzione centro-settentrionale della regione Sicilia, in prossimità della stazione ferroviaria di Cerda, posta sul tronco comune alle linee ferroviarie Agrigento-Palermo e Caltanissetta-Palermo. In particolare, la viabilità NV02 si sviluppa per una lunghezza di circa 973.7 m nel comune di Termini Imerese (PA), attraversando tutta la piana alluvionale del Fiume Torto.



Figura 1 – stralcio planimetrico con individuazione in colore magenta della viabilità in progetto (NV02)

Dal punto di vista orografico il tracciato di progetto impegna settori di territorio posti a quote comprese tra circa 16 m s.l.m. e 31 m circa s.l.m. circa, a ridosso di tutta la piana alluvionale del Fiume Torto. Le quote di progetto, invece, variano da 22 m circa s.l.m. a 39 m circa s.l.m. circa.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A	FOGLIO 5 di 119

In particolare nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti:

- breve inquadramento geologico, morfologico e idrogeologico;
- descrizione delle indagini geotecniche eseguite in sito ed in laboratorio;
- rilievo del livello di falda;
- descrizione dei criteri in base ai quali sono stati interpretati i risultati delle indagini geotecniche effettuate;
- interpretazione dei risultati delle indagini geotecniche e definizione dei parametri geotecnici, in termini di proprietà fisiche e meccaniche (resistenza al taglio e deformabilità), per le unità geotecniche intercettate lungo la viabilità;
- classificazione sismica del sito;

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.

Per quanto riguarda l'analisi di stabilità dei movimenti franosi individuati nel sito si rimanda agli appositi documenti.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02												
Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS90</td> <td>00</td> <td>Y 78 GE</td> <td>GE0006 001</td> <td>A</td> <td>6 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	6 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	6 di 119								

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

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

- [N.1]. D.M. Infrastrutture del 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"
- [N.2]. Circolare 7 del 21/01/2019 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [N.3]. Manuale di Progettazione delle Opere Civili RFI (RFI DTC SI MA IFS 001 E).
- [N.4]. Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili RFI.

2.2 Documenti di riferimento

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

- D.1. RS9000Y69RGGE0001001A – Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica – Nuova viabilità NV02 - Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.2. RS9000Y69L5GE0001001A - Carta geologica con elementi di geomorfologia, ubicazione indagini, profilo geologico e sezioni – Nuova viabilità NV02 - Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.3. RS9000Y69SGGE0005001A - Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari – Nuova viabilità NV02 - Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.4. RS9000Y69PRGE0005001A - Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio – Nuova viabilità NV02 - Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.5. RS9000Y69IGGE0005001A - Indagini Geognostiche: Prove geofisiche – Nuova viabilità NV02 - Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.6. RS3Z 00 D69 SG GE0005 001 A - Indagini Geognostiche. Sondaggi profondi eseguiti da Geotec. Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.7. RS3Z 00 D69 SG GE0005 002 A - Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari 1a Fase eseguiti da Geogav. Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.8. RS3Z 00 D69 SG GE0005 003 A - Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari 2a Fase eseguiti da Sondedile. Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02												
Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS90</td> <td>00</td> <td>Y 78 GE</td> <td>GE0006 001</td> <td>A</td> <td>7 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	7 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	7 di 119								

- D.9. RS3Z 00 D69 SG GE0005 004 A - Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari integrativi 2020 eseguiti da Sonedile. Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.10. RS3Z 00 D69 SG GE0005 005 A - Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari integrativi 2020 eseguiti da Socotec. Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.11. RS3Z 00 D69 SG GE0005 006 A - Indagini Geognostiche: Sondaggio profondo integrativo 2020 eseguito da Aquafer. Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.12. RS3Z 00 D69 SG GE0005 007 A - Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari integrativi eseguiti da Sonedile - Settembre 2020 e Febbraio 2021. Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.13. RS3Z 00 D69 PR GE0005 001 A ÷ RS3Z 00 D69 PR GE0005 007 A. Indagini Geognostiche: prove di laboratorio. Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.14. RS3Z 00 D69 IG GE0005 001 A ÷ RS3Z 00 D69 IG GE0005 004 A Indagini Geognostiche: indagini geofisiche. Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).
- D.15. RS3Z 00 D69 RH GE0005 001 D - Indagini Geognostiche: Campagna di monitoraggio piezometri e inclinometri dal 2018 a Settembre 2022. Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione (lotto 1+2).

2.3 Bibliografia

- [DR 1.] Iwasaki T., Tokida K., Tatsuoka F., Watanabe S., Yasuda S. and Sado H. (1982). “Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods”, Vol III, Proc. 3rd Intl. Conf. on Microzonation, Seattle, pp. 1319-1330.
- [DR 2.] Sonmez H. (2003), “Modification to the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for a liquefaction prone area (Inegol, Turekey)”, Environ. Geology, vol 44, n° 7, pp. 862-871.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02												
Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS90</td> <td>00</td> <td>Y 78 GE</td> <td>GE0006 001</td> <td>A</td> <td>8 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	8 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	8 di 119								

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1 Inquadramento geologico

Nei settori di stretto interesse progettuale sono state individuate e perimetrate diverse unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico.

- **Successioni sedimentarie meso-cenozoiche.** Tali successioni sono composte dalle sequenze sedimentarie che formano l'ossatura di questo settore di Catena e sono riferibili ai domini strutturali del Dominio Sicilide e del Bacino Numidico. I termini litologici delle successioni meso-cenozoiche si rinvencono in tutta l'area studio, anche se spesso risultano ricoperti da depositi quaternari di genesi differente. In particolare, nell'area oggetto di intervento, il substrato è costituito ai depositi del Dominio Sicilide.

Depositi del Dominio Sicilide: I depositi di questa unità stratigrafico-strutturale sono suddivisibili in due distinte formazioni geologiche, le Argille Varicolori Inferiori (AVF) e la Formazione Polizzi (POZ). Si tratta di successioni marine di scarpata, base scarpata e bacino pelagico, affioranti lungo i versanti che bordano il fondovalle del Fiume Torto.

- **Argille Varicolori Inferiori.** Si tratta di depositi marini di base scarpata e bacino pelagico, costituiti da una singola litofacies a composizione argilloso-marnosa, riferibili al periodo Cretacico superiore– Paleocene. Dal punto di vista sedimentologico, questa unità è formata da argille limose e argille marnose di colore rosso vinaccia, verde e grigio (AVF), a luoghi con bande violacee e grigio-azzurre, fortemente tettonizzate e a giacitura caotica, a struttura indistinta o finemente scagliosa (vedasi figura seguente), con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; spesso si rinvencono intercalazioni di limi sabbioso, siltiti e arenarie.



Figura 2 – Litofacies argilloso-marnosa delle Argille Varicolori Inferiori (AVF) - sondaggio 1S15 cassetta tra 30.0 e 35.0 m

- Formazione Polizzi. Tali litotipi affiorano in lembi di ridotta estensione nel settore orientale dell'area di interesse progettuale, lungo la parte bassa dei versanti in destra idrografica del Fiume Torto. Si tratta di depositi marini di scarpata e bacino pelagico, costituiti da una singola litofacies a composizione calcareo-marnosa, sono ascrivibili all'intervallo Eocene medio – Eocene superiore. Nella zona di studio l'unità è composta essenzialmente da calcari e calcari marnosi di colore grigio e biancastro (**POZ**), a luoghi rossastro, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, talora a laminazione piano-parallela; spesso sono presenti intercalazioni di marne argillose grigie, in strati di spessore centimetrico, compatte o a struttura scagliosa; a luoghi si rinvencono livelli di calcareniti e breccie calcaree grigie e nocciola, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, generalmente gradati.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	10 di 119

- **Successioni clastiche quaternarie.** Le successioni clastiche quaternarie sono formate dai Depositi continentali che ricoprono tutte le unità geologiche di substrato. Queste successioni affiorano diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei fondovalle e delle parti più basse dei versanti che bordano a est e ad ovest. Tali depositi sono formati da tre distinte sequenze sedimentarie, i Depositi alluvionali recenti, i Depositi alluvionali attuali e i Depositi detritico-colluviali. I sedimenti alluvionali sono connessi all'azione deposizionale dei principali sistemi fluviali, come il Fiume Torto e i suoi affluenti maggiori, mentre le coltri detritico-colluviali si rinvergono in tutta l'area di studio e sono connesse all'evoluzione morfologica dei versanti.
- Depositi alluvionali recenti. Tali depositi si rinvergono estesamente in corrispondenza del fondovalle del Fiume Torto.

La litofacies ghiaioso-sabbiosa (**bb1**) è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, talora appiattite, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante.

La litofacies sabbioso-limosa (**bb2**), invece, è prevalentemente costituita da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi.

La litofacies limoso-argillosa (**bb3**) è formata da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A



Figura 3 – Litofacies ghiaioso-sabbiosa dei Depositi alluvionali recenti (bb2) - sondaggio 1S14bis, tra 10.0 e 15.0 m

3.2 Inquadramento geomorfologico

Dal punto di vista orografico, il tracciato di progetto impegna settori di territorio posti a quote comprese tra circa 16 m s.l.m. e circa 31 m s.l.m., attraversando trasversalmente l'intera piana alluvionale del Fiume Torto e interessando le porzioni basali dei versanti che delimitano il fondovalle ad est e ovest. Nell'area di studio si distinguono due contesti geomorfologici differenti riferibili rispettivamente ai settori di versante, mediamente acclivi e fortemente soggetti a fenomeni legati alla gravità e all'azione delle acque correnti superficiali, e al settore di piana alluvionale, strettamente connesso con la dinamica del Fiume Torto e dei suoi corsi d'acqua tributari nelle aree di confluenza.

Il versante collinare che delimita il fondovalle verso est, lambito dal tracciato di progetto, è interessato da diffusi fenomeni di massa riconducibili sia a movimenti franosi di vario tipo (fenomeni di creep e/o soliflusso). In particolare, le frane sono per lo più classificabili come colamenti, scivolamenti e movimenti complessi. Si tratta prevalentemente di fenomeni quiescenti, ad eccezione di piccoli copri attivi più superficiali, in quanto strettamente dipendenti dai cicli climatici stagionali, mentre quelli più profondi ed estesi sono prevalentemente quiescenti. La distribuzione è retrogressiva o multidirezionale, con velocità mediamente piuttosto basse.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A	FOGLIO 12 di 119

3.3 Inquadramento idrogeologico

I depositi alluvionali che colmano il fondovalle del Fiume Torto sono rappresentati da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico e costituiscono sistemi idrogeologici estremamente articolati e complessi. Il deflusso è direttamente condizionato dalle locali caratteristiche litologiche dei depositi e avviene essenzialmente all'interno degli orizzonti più permeabili in direzione del litorale tirrenico. Il substrato pre-quadernario presente alla base dei depositi sostiene la falda e ne condiziona il deflusso idrico sotterraneo, che nel complesso risulta alimentato sia dalle precipitazioni meteoriche che dagli apporti degli acquiferi confinanti.

I litotipi calcareo-marnosi si rinvengono in lembi di ridotta estensione in corrispondenza dei rilievi che delimitano ad est il fondovalle del Fiume Torto. Sono caratterizzati da una permeabilità per fessurazione e carsismo variabile da molto bassa a media, che risente della presenza di frequenti intercalazioni pelitiche.

Infine, i termini prevalentemente pelitici del substrato pre-quadernario presentano una permeabilità estremamente bassa, talora fino a impermeabile, e pertanto non sono sede di falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza.

La profondità della superficie piezometrica è generalmente piuttosto elevata, nell'ordine di diverse decine di metri, anche se localmente si riduce fortemente in prossimità dei fondovalle e delle depressioni impluviali più importanti. Inoltre, all'interno dei depositi di copertura in appoggio sui litotipi del substrato è possibile rinvenire piccole falde a carattere stagionale, direttamente influenzate dal regime delle precipitazioni meteoriche.

. Considerando le caratteristiche idrogeologiche dell'area e i dati di monitoraggio relativi a condizioni simili a quelle di interesse, si sottolinea che in concomitanza con precipitazioni particolarmente intense o lunghi periodi piovosi il livello piezometrico potrebbe risalire e divenire estremamente superficiale, attestandosi a profondità comprese tra 2 e 4 m circa dal p.c..

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A	FOGLIO 13 di 119

4 INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

Nel corso del complesso iter progettuale sino ad oggi espletato sono state realizzate complessivamente 4 campagne d'indagine:

- Campagna indagini di “prima fase” - metà 2018 a inizio 2019.
- Campagna “indagini integrative 2020” - da fine 2019 a metà 2020.
- Campagna “indagini integrative 2021” – a febbraio 2021.
- Campagna “progetto definitivo 2023” – da febbraio 2023 ad aprile 2023.

Nel complesso sono state realizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 12 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 6 strumentati con piezometro e 6 attrezzati con inclinometro;
- n. 3 sondaggi a distruzione strumentati con piezometro;
- n. 3 prove penetrometriche statiche con piezocono;
- n. 8 stendimenti sismici a rifrazione;
- n. 3 prove MASW;
- n. 1 misura di microtremori HVSr.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state inoltre effettuate le seguenti attività:

- rilievo della stratigrafia con esecuzione di fotografie a colori del materiale depositato in cassetta;
- esecuzione di prove geotecniche in foro di tipo SPT;
- esecuzione di misure speditive di consistenza mediante pocket penetrometer;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico;
- rilievo del livello di falda nei piezometri installati.

Nella seguente tabella si riassumono le indagini in sito disponibili.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	14 di 119

Tabella 1 – Riepilogo delle indagini in sito

Sondaggio	Anno	Profondità (m)	C. ind.	C. rim.	SPT	Lefranc	Lugeon	Dilatam.	Press.	DH	IN	Piezometro
1S2	2018/2019	40.0	3	2	7	2	-	-		-	-	TA [3-18]
1S14	2018/2019	40.0	1	5	9	2	1	1		-	-	TA [3-15]
1S15	2018/2019	40.0	2	4	15	2	1	1		-	-	TA [3-30]
1S14bis	2021	40.0	2	2	8	2	-	2		-	-	TA [3-40]
1S11	2018/2019	30.0	2	2	10	1	1	-		-	30	-
1S11bis	2020	30.0	3		8	1	1	-		-	30	-
1S11ter_PZ (D)	2020	25.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	CC [8]; [25]
1S11ter	2020	30.0	4		3	1	1	-		-	30	-
1S11quat	2023	40.0	5		9	2	-	-		-	40	-
1S11quat piez (D)	2023	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	TA [0-20]
1S11quinc	2023	15.0	2	6	6	2	-	-		-	30	-
1S11sext	2023	40.0	5	-	6	2	-	-		-	40	-
1S11sext piez(D)	2023	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	TA [0-20]
1S11sept	2023	48.0	5	-	8	3	-	-	2	-	-	TA [45]
1S18	2018/2019	40.0	2	2	8	2	-	-	-	-	-	TA [6-15]
CPTU1	2023	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CPTU2	2023	13.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CPTU3	2023	6.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DH [m]: profondità prova sismica Down Hole

IN [m]: profondità tubo inclinometrico

CC [m]: piezometro a cella di Casagrande [profondità cella da p.c.]

TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]

PE [m]: piezometro elettrico

D = sondaggio a distruzione di nucleo

4.1 Prove di permeabilità

Le prove di Lefranc (a carico variabile CV) e Lugeon hanno permesso di valutare i valori di permeabilità del terreno. Nella seguente tabella vengono riportati i risultati.

Tabella 2 - Prove di permeabilità

Sondaggio	Campagna d'indagine	Unità geotecnica	tipo di prova	z1 [m]	z2 [m]	Coefficiente di permeabilità [m/s]
1S11	2018-2019	fr	Lefranc CV	5.3	5.8	5.62E-08
1S11	2018-2019	AVF	Lugeon	16.4	17.9	8.15E-06
1S11bis	2020	fr	Lefranc	4.5	6.0	3.42E-06
1S11bis	2020	AVF	Lugeon	15.0	18.0	3.09E-07
1S11ter	2020	fr	Lefranc CV	5.0	6.4	2.23E-05
1S11ter	2020	POZ	Lugeon	15.0	20.0	3.42E-07
1S11quat	2023	fr	Lefranc CV	6.0	7.5	1.05E-06
1S11quat	2023	AVF	Lefranc CV	15.0	17.0	5.96E-07
1S11quinc	2023	fr	Lefranc CV	4.5	6.0	5.37E-07
1S11quinc	2023	AVF	Lefranc CV	13.5	15.0	9.21E-07
1S11sext	2023	fr	Lefranc CV	4.5	7.5	1.69E-07
1S11sext	2023	AVF	Lefranc CV	15.0	18.0	3.82E-08
1S11sept	2023	b2	Lefranc CV	5.0	6.0	1.37E-06
1S11sept	2023	b2	Lefranc CV	13.5	15.5	3.94E-07
1S11sept	2023	AVF	Lefranc CV	27.0	29.0	5.52E-08
1S2	2018-2019	b2	Lefranc CV	9.5	10.0	1.17E-08
1S2	2018-2019	AVF	Lefranc CV	20.0	20.5	7.54E-09
1S14	2018-2019	b2	Lefranc CV	5.9	6.4	2.06E-06
1S14	2018-2019	AVF	Lefranc CV	14.0	14.5	5.78E-09
1S14	2018-2019	AVF	Lugeon	27.0	28.5	5.05E-07
1S15	2018-2019	b2	Lefranc CV	5.5	6.0	4.72E-06
1S15	2018-2019	b2	Lefranc CV	14.5	15.0	1.41E-05
1S15	2018-2019	AVF	Lugeon	27.5	29.0	1.52E-06
1S18	2018-2019	b2	Lefranc CV	4.0	4.5	2.81E-06
1S18	2018-2019	AVF	Lugeon	17.9	19.4	3.17E-06
1S14bis	2021	b3	Lefranc CV	4.5	6.0	5.91E-05
1S14bis	2021	b1	Lefranc CV	16.3	18.0	5.10E-05

4.2 Prove dilatometriche e prove pressiometriche

Nella seguente tabella si riportano il modulo di taglio ed il modulo di deformazione da prova dilatometrica. In tabella, dove disponibili, sono stati indicati anche i valori di pressione limite e stima parametri geotecnici.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Tabella 3 - Prove dilatometriche

Sondaggio	Prova	profondità da p.c. [m]	Edil [kPa] - modulo dilatometrico	G [kPa] - modulo di taglio	Unità geotecnica	Plim [kPa]	cu [kPa]
1S15	dilatometrica	9.50	120942	60471	b2		
1S15	dilatometrica	29.00	139935	52607.0	AVF		
1S14bis	dilatometrica	9.50	63776.00	23976.00	b1	3300	
1S14bis	dilatometrica	34.00	16428	6176	AVF	1600	160

Nella seguente tabella si riportano il modulo di taglio ed il modulo di deformazione da prova pressiometrica, la pressione limite e stima parametri geotecnici.

Tabella 4 - Prove pressiometriche

Sondaggio	Prova	profondità da p.c. [m]	Em [kPa] - modulo pressiometrico	G [kPa] - modulo di taglio	Unità geotecnica	Plim [kPa]	cu [kPa]	Plim [Mpa]
1S11sept	pressiometrica	10.50	7294	2742.0	b1	1794		
1S11sept	pressiometrica	25.50	52344	19678.0	AVF	4000	400	4.0

4.3 Inclinatori

I dati inclinometrici derivanti dal monitoraggio al momento della stesura del presente elaborato non sono ancora disponibili.

4.4 Indagini sismiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche e geoelettriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004) del punto iniziale (a) e del punto finale (b) di ogni singolo stendimento, tipologia di indagine e lunghezza).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Tabella 5 - Indagini geofisiche di superficie realizzate (Socotec)

sigla	punto iniziale (a)		punto finale (b)		tipologia indagine	lunghezza <i>m</i>
	X	Y	X	Y		
MASW 3	2413039	4200886	2413030	4200941	MASW	56.0
SRT 19	2413204	4200958	2413429	4200977	Rifrazione	138.4
SRT 20	2413299	4201027	2413325	4200891	Rifrazione	138.4

Tabella 6 - Indagini geofisiche di superficie realizzate (Vicenzetto)

sigla	punto iniziale (a)		punto finale (b)		tipologia indagine	lunghezza <i>m</i>
	X	Y	X	Y		
MASW19	2413242	4201453	2413251	4201397	MASW	57.5
sigla	X		Y		tipologia indagine	
HVSR 19	2413242		4201413		HVSR	

Tabella 7 - Indagini geofisiche di superficie realizzate

sigla	punto iniziale (a)		punto finale (b)		tipologia indagine	lunghezza <i>m</i>
	X	Y	X	Y		
Rifrazione_23	2413263	4201129	2413496	4201140	Rifrazione	233.0
Rifrazione_24	2413303	4201185	2413307	4201051	Rifrazione	134.0

Tabella 8 - Indagini geofisiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna 2023

sigla	punto iniziale (a)		punto finale (b)		tipologia indagine	lunghezza <i>m</i>
	X	Y	X	Y		
MASW	2413215	4201157	2413222	4201218	MASW	46.0
SRT1	2413308	4201157	2413387	4201312	Rifrazione	175.0
SRT2	2413280	4201270	2413496	4201210	Rifrazione	240.0
SRT3	2413377	4201322	2413397	4201430	Rifrazione	115.0
SRT4	2413317	4201369	2413506	4201331	Rifrazione	205.0

4.5 Misure piezometriche

La ricostruzione dell'andamento della falda lungo il tracciato è stata effettuata a partire dai dati piezometrici rilevati nel corso del monitoraggio (novembre 2019 – marzo 2021). Nella tabella seguente sono indicate le misure piezometriche espresse in profondità da p.c. nelle strumentazioni installate (CC: cella di Casagrande, TA= tubo aperto, PE = piezometro elettrico).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	18 di 119

Tabella 9 - Misure piezometriche (in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blu la minima)

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
1S_11quat piez	1 cella Casagrande Cella 1: 19.0	04/2023	11.88	10.32	-
		04/2023	11.83	10.37	-
1S_11sext piez	1 cella Casagrande Cella 1: 19.0	04/2023	9.11	23.39	-
			9.00	23.50	-
1S_11sept	Tubo aperto finestrato: 0.0 - 45.0	04/2023	10.10	12.1	-
			9.98	12.2	-

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
1S14bis	Tubo aperto cieco: 0.0 - 3.0 finestrato: 3.0 - 40.0	03/2021	14.50	7.90	-
		04/2021	14.20	8.20	-

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
1S11ter_PZ	2 celle Casagrande Cella 1: 8.0 Cella 2: 25.0	09/2020	c1: Assente	c1: Assente	-
		11/2020	c1: Assente	c1: Assente	-
		12/2020	c1: Assente	c1: Assente	-
		01/2021	c1: Assente	c1: Assente	-
		02/2021	c1: Assente	c1: Assente	-
		03/2021	c1: Assente	c1: Assente	-
		04/2021	c1: Assente	c1: Assente	-
		09/2020	c2: 3.50	c2: 69.19	-
		11/2020	c2: 13.00	c2: 59.69	-
		12/2020	c2: 10.15	c2: 62.54	-
		01/2021	c2: 10.00	c2: 62.69	-
		02/2021	c2: 11.90	c2: 60.79	-
		03/2021	c2: 12.10	c2: 60.59	-
		04/2021	c2: 11.40	c2: 61.29	-

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
1S2	Tubo aperto	11/2018	8.70	12.80	-



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	19 di 119

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
	<i>cieco:</i> 0.0 - 3.0	12/2018	8.68	12.82	-
	<i>finestrato:</i> 3.0 - 18.0	01/2019	8.42	13.08	-
	<i>cieco:</i> 18.0 - 21.0	02/2019	8.30	13.20	-
		04/2019	8.36	13.14	-
		05/2019	8.33	13.17	-
		06/2019	8.45	13.05	-
		07/2019	8.48	13.02	-
		08/2019	8.57	12.93	-
		09/2019	8.30	13.20	-
		10/2019	8.65	12.85	-
		10/2019	9.04	12.46	-
		11/2019	9.04	12.46	-
		12/2019	8.70	12.80	-
		01/2020	8.73	12.77	-
		02/2020	8.78	12.72	-
		03/2020	8.48	13.02	-
		04/2020	8.82	12.68	-
		05/2020	8.61	12.89	-
		07/2020	8.48	13.02	-
		09/2020	8.80	12.70	-
		11/2020	8.90	12.60	-
		12/2020	8.78	12.72	-
		01/2021	8.97	12.53	-
		02/2021	9.00	12.50	-
	03/2021	8.80	12.70	-	
	04/2021	8.64	12.86	-	
1S14	Tubo aperto¶	02/2019	6.58	15.16	-
	<i>cieco:</i> 0.0 - 3.0	04/2019	6.70	15.04	-
	<i>finestrato:</i> 3.0 - 15.0	05/2019	6.52	15.22	-
	<i>cieco:</i> 15.0 - 18.0	06/2019	6.20	15.54	-
		07/2019	6.50	15.24	-
		08/2019	ND	ND	Non trovato
		09/2019	ND	ND	Non trovato
		10/2019	ND	ND	Non trovato
		10/2019	5.50	16.24	-
		11/2019	5.50	16.24	-
		12/2019	ND	ND	Irraggiungibile



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	20 di 119

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
		01/2020	4.80	16.94	-
		02/2020	ND	ND	Non trovato
		03/2020	ND	ND	Non trovato
		04/2020	ND	ND	Non trovato
		05/2020	ND	ND	Non trovato
		07/2020	ND	ND	Non trovato
		09/2020	ND	ND	Non trovato
		11/2020	ND	ND	Non trovato
		12/2020	ND	ND	-
		01/2021	ND	ND	-
		02/2021	6.80	14.94	-
		03/2021	7.00	14.74	-
		04/2021	6.93	14.81	-
1S15	Tubo aperto¶ cieco: 0.0 - 3.0 finestrato: 3.0 - 30.0	04/2019	9.86	19.21	-
		05/2019	9.07	20.00	-
		06/2019	10.20	18.87	-
		07/2019	10.83	18.24	-
		08/2019	10.26	18.81	-
		09/2019	9.20	19.87	-
		10/2019	8.45	20.62	-
		10/2019	9.12	19.95	-
		11/2019	9.12	19.95	-
		12/2019	8.90	20.17	-
		01/2020	9.64	19.43	-
		02/2020	9.87	19.20	-
		03/2020	10.00	19.07	-
		04/2020	7.42	21.65	-
		05/2020	9.35	19.72	-
		07/2020	9.80	19.27	-
		09/2020	9.45	19.62	-
		11/2020	9.20	19.87	-
		12/2020	9.10	19.97	-
		01/2021	9.27	19.80	-
		02/2021	8.70	20.37	-
		03/2021	9.90	19.17	-
		04/2021	8.30	20.77	-
1S18	Tubo aperto¶	01/2019	11.15	10.41	-



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	21 di 119

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
	<i>cieco:</i> 0.0 - 6.0	02/2019	11.25	10.31	-
	<i>finestrato:</i> 6.0 - 15.0	04/2019	11.30	10.26	-
	<i>cieco:</i> 15.0 - 18.0	05/2019	11.19	10.37	-
		06/2019	11.25	10.31	-
		07/2019	11.18	10.38	-
		08/2019	11.19	10.37	-
		09/2019	11.40	10.16	-
		10/2019	11.30	10.26	-
		10/2019	11.20	10.36	-
		11/2019	11.20	10.36	-
		12/2019	11.30	10.26	-
		01/2020	11.20	10.36	-
		02/2020	11.22	10.34	-
		03/2020	11.14	10.42	-
		04/2020	11.22	10.34	-
		05/2020	11.41	10.15	-
		07/2020	11.28	10.28	-
		09/2020	11.28	10.28	-
		11/2020	11.20	10.36	-
		12/2020	11.25	10.31	-
		01/2021	11.38	10.18	-
		02/2021	11.38	10.18	-
		03/2021	11.30	10.26	-
		04/2021	11.46	10.10	-

4.6 Prove di laboratorio

Sui campioni prelevati nei sondaggi stratigrafici descritti al paragrafo precedente, sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio geotecnico:

- aperture e descrizioni del campione;
- determinazioni delle proprietà fisiche (peso di volume, contenuto naturale d'acqua e peso specifico dei grani);
- analisi granulometriche complete;
- determinazione dei Limiti di Atterberg;



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	22 di 119

- prove di taglio diretto (TD) valori di picco e residui;
- prove triassiali consolidate isotropicamente non drenate (Tx CIU);
- prove di compressibilità edometrica.
- Prove Point Load Test su campioni litoidi;
- Prova compressione monoassiale su campioni litoidi.

Nelle seguenti tabelle si riporta un riepilogo delle prove di laboratorio geotecnico eseguite.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	23 di 119

Tabella 10 – Prove di laboratorio

Sondaggio	-	1S18	1S18	1S18	1S18	1S18	1S2	1S2	1S2	1S2	1S2	1S2
Campione	-	SPT1	SPT3	FC1	CC2	RC2	FC1	CC2	CC3	CR1	SPT1	SPT4
Tipo	-	rim	rim	ind	ind	rim	ind	ind	ind	rim	rim	rim
Unità	-	Ra	b2	b2	AVF	AVF	b2	AVF	AVF	b2	b2	b2
Prof.	m	1.50	4.50	3.00	15.00	25.00	10.00	16.80	20.50	8.70	1.50	10.30

Granulometria

G	%	14.3	6.3	9.0	4.3		44.9	19.8	0.2	15.5	0.8	13.0
S	%	43.8	45.3	32.3	6.5		25.3	7.0	7.5	21.3	54.8	20.2
L + A	%	41.9	48.4	58.7	89.1		29.8	73.2	92.3	63.2	44.4	66.8
L	%	23.4	22.7	33.5	78.2		20.7	49.6	78.5	27.1	23.3	38.4
A	%	18.5	25.8	25.2	11.0		9.1	23.7	13.8	36.1	21.1	28.3

Limiti di Atterberg

W _L	%			30.6	39.9		41.1	42.8	39.6	53.1		
W _P	%			16.8	22.3		27.2	24.1	24.1	23.7		
I _c	-			1.28	1.55		1.83	1.34	1.74	1.81		
I _p	%			13.8	17.6		13.9	18.7	15.5	29.4		

Caratteristiche fisiche

γ _N	kNm ³			19.9			20.5	21.5	22.3	20.8		
w _N	%			13.0	12.7		15.6	17.7	12.6			

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E _{ed}	kPa			7973.0			6649					
c _v	m ² /s			1.18E-07								
k	m/s			1.45E-10								

Resistenza drenata

(TD) c	kPa			32.4								
(TD) f	°			22.6								

Sondaggio	-	1S11	1S11	1S11	1S11	1S11	1S11	1S14	1S14	1S14	1S14	1S14	1S14	1S14	1S14	1S14
Campione	-	SPT1	SPT3	SPT7	CC1	CC2	RC1	SPT1	SPT4	SPT7	RC1	RC2	FC1	RC3	RC4	RC5
Tipo	-	rim	rim	rim	ind	ind	ind	rim	rim	rim	ind	ind	ind	ind	ind	ind
Unità	-	fr	fr	fr	fr	fr	AVF	b2	b2	AVF	b2	AVF	AVF	AVF	AVF	AVF
Prof.	m	1.50	4.40	10.40	4.00	10.00	18.00	1.50	6.40	10.80	3.00	13.00	8.50	18.00	30.00	35.00

Granulometria

G	%	13.0	17.3	32.1	10.4	13.2		5.1	53.9	5.8	74.0	0.9	8.2			
S	%	18.1	20.1	19.2	10.3	12.7		38.7	25.4	12.9	14.9	6.7	9.8			
L + A	%	68.9	62.6	48.7	79.3	74.1		56.1	20.7	81.3	11.1	92.4	82.1			
L	%	32.5	35.1	28.8	51.4	43.7		30.0	20.7	41.6	6.4	57.6	55.6			
A	%	36.4	27.5	19.9	28.0	30.4		26.1	0.0	39.7	4.7	34.8	26.5			

Limiti di Atterberg

W _L	%				40.8	41.6							44.1			
W _P	%				22.0	21.0							22.8			
I _c	-				1.35	1.40							1.38			
I _p	%				18.8	20.6							21.3			

Caratteristiche fisiche

γ _N	kNm ³				21.3	24.9							20.2	23.6	23.4	22.8
w _N	%				15.4	12.8							14.7			

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E _{ed}	kPa												5175			
c _v	m ² /s												1.73E-07			
k	m/s												3.27E-10			

Resistenza drenata

(TD) c	kPa					99.6							6.8			
(TD) f	°					22.2							23.7			



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	24 di 119

Sondaggio	-	1S15	1S15	1S15	1S15	1S15	1S15	1S15	1S14bis	1S14bis	1S14bis	1S14bis
Campione	-	FC1	FC2	FC3	RC1	RC2	RC3	RC4	Cl1	CR1	CR2	Cl2
Tipo	-	ind	ind	ind	rim	rim	rim	rim	ind	rim	rim	ind
Unità	-	b2	b2	b2	b2	AVF	AVF	AVF	b3	b1	b1	AVF
Prof.	m	8.20	13.00	18.00	3.50	28.00	31.50	35.00	3.50	12.00	22.00	36.00

Granulometria

G	%	1.1	1.6	1.5	11.4	10.8	0.0	2.6	0.2	61.0	63.0	
S	%	7.1	5.6	9.6	17.3	10.5	9.5	11.3	32.7	35.0	10.7	
L + A	%	91.8	92.8	89.0	71.4	78.7	90.5	86.2	67.1	4.0	26.3	
L	%	33.5	53.6	52.3	28.6	56.2	66.1	49.5	24.9	3.2	15.1	
A	%	58.3	39.2	36.7	42.8	22.6	24.4	36.7	42.2	0.7	11.2	

Limiti di Atterberg

W _L	%	54.3	36.8	32.6					33.3			
W _p	%	25.6	22.2	17.8					18.7			
L _c	-	1.05	0.86	0.99					0.99			
I _p	%	28.7	14.6	14.8					14.6			

Caratteristiche fisiche

γ _N	kN/m ³	19.5		21.5					20.3			
w _N	%	24.3	24.3	18.0					18.9			

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E _{ed}	kPa											
c _v	m ² /s											
k	m/s											

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	31.8	16.9		16.2		16.4	64.7				
(TD) f	°	17.3	25.4		26.5		29.6	21.6				
(TD) c _r	kPa											
(TD) f _r	°											
(TX-CIU) c	kPa								23.5			
(TX-CIU) f	°								25.6			



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	25 di 119

Sondaggio	-	1S11bis	1S11bis	1S11bis	1S11ter	1S11ter	1S11ter	1S11sext	1S11sext	1S11sext	1S11sext
Campione	-	C11	C12	C13	C11	C13	C14	C11	C12	C13	C14
Tipo	-	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind
Unità	-	fr	AVF	POZ	AVF	POZ	AVF	fr	AVF	AVF	AVF
Prof.	m	3.00	10.00	26.50	3.00	17.50	26.00	3.25	9.20	14.80	23.50

Granometria

G	%	7.0	6.0		27.0		7.0	1.9	4.0	0.6	14.0
S	%	21.0	17.0		29.0		17.0	12.9	20.1	25.8	26.8
L + A	%	72.0	77.0		44.0		76.0	85.3	75.9	73.6	59.2
L	%	38.0	47.0		21.0		49.0	56.4	66.3	64.9	55.4
A	%	34.0	30.0		23.0		27.0	28.9	9.6	8.7	3.7

Limiti di Atterberg

W _L	%	50.0	52.0		49.0		54.0	42.1	39.6	37.8	37.0
W _p	%	20.0	17.0		19.0		18.0	22.9	25.2	20.1	18.2
l	-	1.10	1.03		1.10		1.08	1.27	1.61	1.32	1.38
l _b	%	30.0	35.0		30.0		36.0	19.2	14.4	17.7	18.8

Caratteristiche fisiche

γ _N	kN/m ³	18.6	20.5	26.0	20.2	24.7	20.8	20.4	19.5	20.1	
w _N	%	17.0	16.0		16.0		15.0	17.7	16.4	14.5	11.0

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E _{ed}	kPa	3227.0	4088.0					7402			
c _v	m ² /s							2.67E-10			
k	m/s							3.54E-13			

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	20.6	28.5		13.2		25.1	20.7	34.1	8.7	
(TD) f	°	24.7	23.5		28.5		24.0	18.9	19.2	29.1	
(TD) c _r	kPa	3.9	5.2		1.7		4.5				
(TD) f _r	°	16.4	14.7		26.1		15.2				

Sondaggio	-	1S11sept	1S11sept	1S11sept	1S11sept	1S11sept	1S11sept	1S11quat	1S11quat	1S11quat	1S11quat	1S11quat	1S11quind	1S11quinc	1S11quinc
Campione	-	C11	C12	C13	C14	C15	C11	C12	C13	C14	C15	C11	C12	C13	C13
Tipo	-	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind
Unità	-	b2	AVF	AVF	AVF	AVF	fr	fr	AVF	AVF	AVF	fr	fr	AVF	AVF
Prof.	m	5.15	15.00	23.30	32.40	46.00	3.00	9.00	13.60	23.00	35.00	4.00	9.00	15.00	

Granometria

G	%	0.2	3.6	2.2	3.7	0.3	0.9	5.6	5.9	14.2		11.0	6.4	18.0
S	%	25.6	11.4	12.8	8.9	4.9	14.1	27.9	23.7	31.5		24.0	38.4	31.7
L + A	%	74.2	85.0	85.0	87.4	94.8	85.1	66.5	70.3	54.3		65.0	55.3	50.3
L	%	45.5	71.6	67.3	71.7	81.9	49.3	37.7	44.6	47.0		39.0	43.9	39.1
A	%	28.7	13.4	17.7	15.7	12.9	35.8	28.8	25.8	7.3		26.0	11.3	11.2

Limiti di Atterberg

W _L	%	39.3	48.7	44.4	48.7	40.2	34.6	40.9	39.6	37.4		38.9	37.1	34.5
W _p	%	22.4	23.7	29.2	28.4	20.9	19.9	20.7	24.4	19.1		21.8	21.2	21.1
l	-	1.15	1.13	1.88	1.42	1.10	1.31	1.33	1.55	1.23		1.26	1.35	1.66
l _b	%	16.9	25.0	15.2	20.3	19.3	14.7	20.2	15.2	18.3		17.1	15.9	13.4

Caratteristiche fisiche


γ _N	kN/m ³	19.8	20.9	18.4	19.5	19.5	20.1	19.6	20.0			18.6	18.7	20.1
w _N	%	19.8	20.4	15.8	19.9	19.0	15.4	14.1	16.1	14.8		17.4	15.7	12.3

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E _{ed}	kPa													
c _v	m ² /s													
k	m/s													

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	13.2		12.2	9.8	36.6	36.9	25.3	34.0			12.9	22.1	
(TD) f	°	18.9		19.1	19.1	14.6	20.8	29.3	23.5			31.1	29.6	
(TD) c _r	kPa						31.6	19.2				9.1		
(TD) f _r	°						17.3	22.1				21.5		

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02												
Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS90</td> <td>00</td> <td>Y 78 GE</td> <td>GE0006 001</td> <td>A</td> <td>26 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	26 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	26 di 119								

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente capitolo si riporta la caratterizzazione geotecnica generale del tracciato 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 il tracciato, 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 e nelle sezioni geotecniche trasversali 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 e le sezioni geotecniche trasversali verranno presi a riferimento per definire la stratigrafia di dettaglio lungo il tracciato ed in corrispondenza delle opere d'arte in progetto.

5.1 Definizione delle unità geotecniche intercettate

Lungo il tracciato dalle indagini eseguite sono state intercettate le seguenti unità geotecniche:

Terreno di riporto – Unità R: si tratta dello spessore di terreno vegetale (Rv) costituito prevalentemente da limo argilloso con resti vegetali e da terreno di riporto antropico (Ra);

Depositi alluvionali:

- **Unità b1:** sabbie e ghiaie;
- **Unità b2:** limo sabbioso e sabbia limosa;
- **Unità b3:** argille limose e limi argillosi.

Materiale corpo di frana:

- **Unità fr:** limo argilloso debolmente sabbioso;

Substrato: si tratta del terreno di base dell'area e si distingue in base alla natura granulometrica in:

- **Unità AVF – Argille varicolori:** argille limose e argille marnose rosso-vinaccia verde e grigio a

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A	FOGLIO 27 di 119

struttura scagliosa.

- **Unità POZ - Formazione di Polizzi:** calcari e calcari marnosi.

5.2 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 penetrometriche statiche CPT;
- prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati e rimaneggiati;
- indagini sismiche (MASV).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	28 di 119

5.2.1 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 espone.

Stato di addensamento

Correlazione di Skempton

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

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

essendo:

A, B = costanti empiriche indicate in tabella seguente

σ'_{vo} = pressione verticale efficace alla quota della prova SPT (kg/cm²);

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

D_r = densità relativa (-).

Tabella 11. 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	$(21,7+27,5) \cdot \frac{1+2 \cdot (ko)_{sc}}{1+2 \cdot (ko)_{nc}}$

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	29 di 119

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

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 (-).

σ_{vo}' = pressione verticale efficace in sito alla quota della prova SPT (kg/cm^2);

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:

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

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. Generalmente, la correlazione di Bolton ha fornito valori dell'angolo di resistenza al taglio inferiori rispetto alla correlazione di Schmertmann. 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 (φ') 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:

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

$$\varphi = 34.5 + 0.10 \cdot D_R \quad \text{sabbia grossa-media uniformemente ben gradata}$$

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

$$\varphi = 28.0 + 0.14 \cdot D_R \quad \text{sabbia fine uniforme}$$

essendo: D_r = densità relativa

Nel caso in esame si è considerata cautelativamente per l'unità b1 la correlazione valida per sabbia medio-fine ben gradata.

Correlazione di Bolton

L'angolo di resistenza al taglio di picco φ' 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:

φ' = angolo di attrito di picco riferito a pressioni di 272 kPa (°);

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	31 di 119

$p_f' = 1.4 \cdot \sigma_{ff}'$ 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 (-).

Tabella 12 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
σ_2' = tensione principale efficace intermedia σ_3' = tensione principale efficace minore	

I valori dell'angolo di attrito ϕ_{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 ϕ_{cv}' si è assunto $\phi_{cv}' = 32^\circ$, sulla base delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati.

Tabella 13 Valori dell'angolo di attrito ϕ'_{cv} per sabbie silicee secondo quanto riportato in Stroud (1988) e Youd (1972)

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

Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi incoerenti possono essere stimate, in ordine di importanza:

- sulla base dei risultati delle indagini sismiche in sito (prove MASW);
- dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

Il modulo di taglio iniziale (G_0) e quello di Young iniziale (E_0), associabili a piccole deformazioni, possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio (V_s) utilizzando le seguenti correlazioni:

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9.81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	32 di 119

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

essendo:

γ_t = peso di volume naturale del terreno in assunto pari a 19 kN/m³;

ν = 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 14);

f_G = coefficiente funzione della composizione granulometrica (vedasi la Tabella 15).

Tabella 14 Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_A (funzione dell'epoca geologica del deposito)

f_A	Olocene	Pleistocene
	1,0	1,3

Tabella 15 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:

$f_A = 1.3$;



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	33 di 119

$$f_G = 1.14.$$

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=56 per ghiaie sabbiose (unità b1);

σ_{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 (E₀).

Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale (E_{op}'= E₀/10).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

5.2.2 Depositi coesivi

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

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;
- Triassiale non consolidata non drenata (TXUU) 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 stimate:

- sulla base dei risultati delle indagini sismiche in sito (prove Down-Hole, Masw);
- 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} .

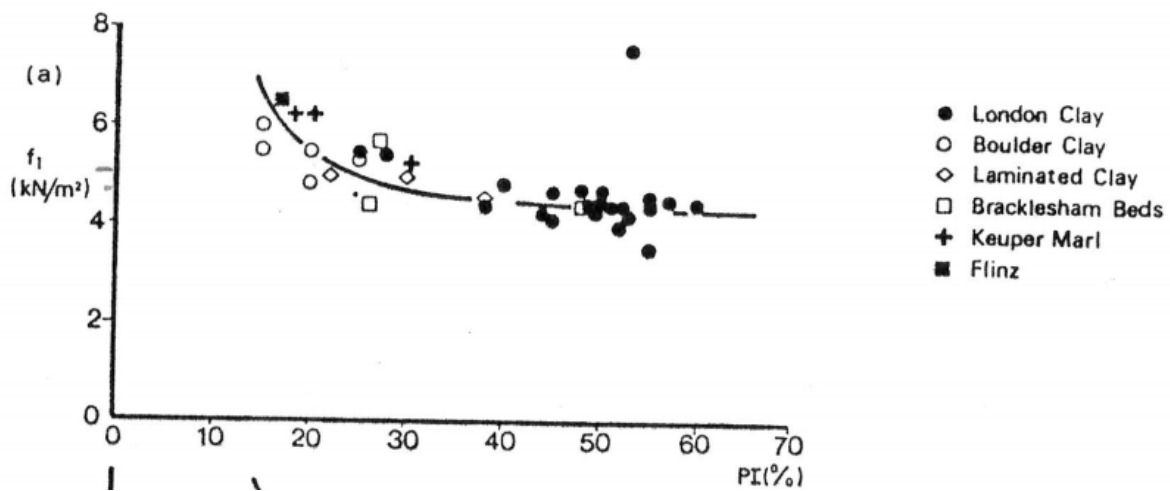


Figura 4 – Fattore f_1 in funzione di IP

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:

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

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 (E0).

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.

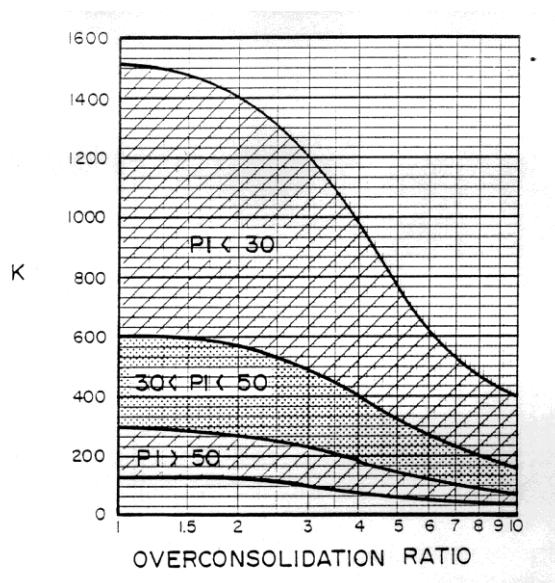


Figura 5 – Duncan & Buchignani

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:

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

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 (w_n).

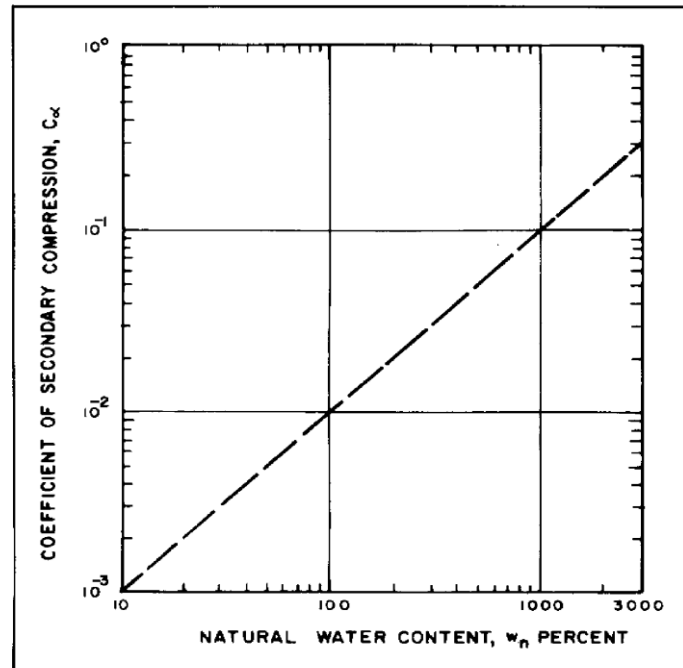


Figura 6 – Abaco di calcolo del coefficiente di consolidazione secondaria da w_n (NAVFAC, 1982)

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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

5.2.3 Da prove CPT

Nell'area in esame sono state eseguite prove penetrometriche statiche tipo CPT. Durante l'esecuzione delle prove sono stati misurati i seguenti parametri:

qc è la resistenza alla punta;

fs è la resistenza laterale;

➤ Identificazione della litologia da prove penetrometriche statiche

Le più recenti SBT Charts (Robertson, 2010) si basano su un criterio di normalizzazione ad esponente (n) variabile, in relazione al tipo di terreno esaminato. Le espressioni analitiche utilizzate sono rappresentate nella seguente *Figura 7*.

L'esponente n è funzione dell'indice di materiale I_c (Soil Behaviour Type Index). Quindi si giunge alla determinazione di Q_{tn} attraverso successive iterazioni.

Soil Behavioral Type by CPT

- Use of CPT Material Index (I_c) for identification of soil type (Robertson & Wride, 1998):

$$I_c = \sqrt{(3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2}$$

sands: I_c < 2.05
 clays: I_c > 2.95

- Modified normalized tip resistance (Robertson 2004):

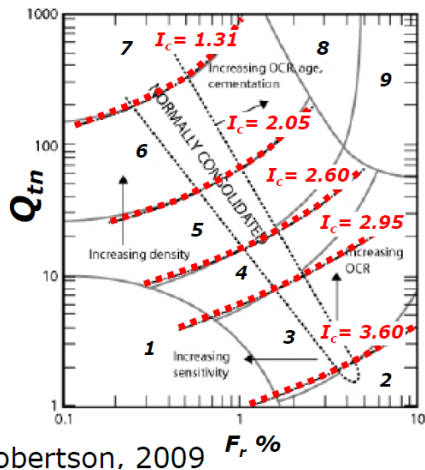
$$Q = Q_{tn} = \frac{(q_t - \sigma_{vo})}{\sigma_{atm}} \cdot \left(\frac{\sigma_{atm}}{\sigma_{vo}'} \right)^n = \frac{(q_t - \sigma_{vo})}{(\sigma_{atm} \cdot \sigma_{vo}')^n}$$

- Exponent n = 0.5 (sands), 0.75 (silts), n = 1.0 (clays)
- Iterate to find exponent n (Robertson 2009 CGJ):

$$n = 0.381 \cdot I_c + 0.05 \cdot (\sigma_{vo}' / \sigma_{atm}) - 0.15 \leq 1.0$$

Figura 7 - SBT by Robertson, 2009

In definitiva la classe di comportamento del materiale, può essere condensata in unico indice (material index, I_c), identificando i terreni in base alla seguente tabella.



Zona	SBT, Classe di Comportamento	I _c
1	Argille sensitive	N/A
2	Terreni organici, torbe	> 3.60
3	Argille → limi argillosi	2.95 ÷ 3.6
4	Limi arg. → argille limose	2.60 ÷ 2.95
5	Sabbie limose → limi sabb.	2.05 ÷ 2.60
6	Sabbie pulite → sabbie lim.	1.31 ÷ 2.05
7	Sabbie ghiaiose → sabbie dense	< 1.31
8	Sabbie molto dense, sabbie argillose	N/A
9	Terreni a grana fine molto consistenti	N/A

Tabella 16 - SBT (Robertson, 2009)

Tale metodologia, opportunamente implementata nel codice di elaborazione dati, verrà nel seguito utilizzata per il riconoscimento del tipo di materiale, che si rende necessario caso per caso per individuare le correlazioni empiriche maggiormente idonee da applicare in fase di caratterizzazione geotecnica.

In particolare, al fine di individuare le correlazioni empiriche maggiormente idonee da utilizzare, verranno considerati i seguenti valori di frontiera:

- I_c > 2.95 → terreni francamente coesivi;
- 2.95 < I_c < 2.05 → terreni di transizione o intermedi;
- I_c < 2.05 → terreni francamente incoerenti.

➤ Stima del peso di volume del terreno

Il peso di volume totale del terreno in posto viene stimata mediante la seguente correlazione empirica proposta da Mayne, Peuchen e Bouwmeester [ISFOG – 2010]:

$$\gamma_t = 1.95 \cdot \gamma_w \cdot \left(\frac{f_s}{\sigma_{atm}} \right)^{0.06} \cdot \left(\frac{\sigma'_v}{\sigma_{atm}} \right)^{0.06}$$

La correlazione è stata validata sperimentalmente dagli autori come riportato nel grafico di **Figura 8**. Trattandosi di una formula ricorsiva, una prima stima del peso di volume viene fatta mediante la seguente correlazione:

$$\gamma_t = 12 + 1.5 \cdot \ln(fs + 1)$$

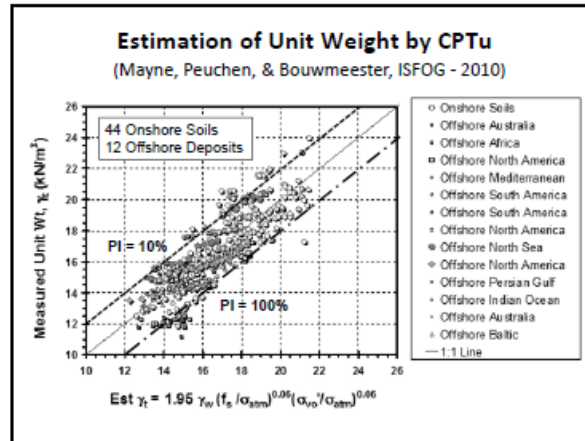


Figura 8 - Peso di volume naturale del terreno, Mayne et al., 2010

➤ Velocità delle onde di taglio e modulo di taglio dinamico

La velocità delle onde di taglio (V_s) è una caratteristica fondamentale del terreno in posto. Ove possibile è sempre preferibile e raccomandata una misura diretta di V_s , ad esempio mediante cono sismico, SCPT, ovvero mediante prove geofisiche classiche tipo Down Hole. Così come la velocità V_s , anche il modulo dinamico G_0 (ovvero riferito a piccolissime deformazioni) è una caratteristica fondamentale del terreno e si può determinare mediante la seguente espressione:

$$G_0 = \rho t \cdot V_s^2 = \gamma^t / g \cdot V_s^2$$

Dove, oltre ai simboli già noti, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ è la costante di accelerazione gravitazionale.

Per i terreni coesivi si è utilizzata la seguente correlazione

Mayne & Rix [1993], propongono la seguente espressione valida per i terreni a grana fine:

$$G_0 = 406 \cdot q_t^{0.695} \cdot e^{-1.13}$$

Per i terreni incoerenti si è utilizzata la seguente correlazione

Lo Presti (1988, tratto da Lo Presti D.C.F., Lai C. (1988), “Determinazione delle onde di taglio da prove penetrometriche”, Atti del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Torino.)]

$$V_s = 277q_c^{0.13} \sigma'_v{}^{0.27} \quad (q_c \text{ e } \sigma'_v \text{ in MPa})$$

➤ Resistenza al taglio non drenata in terreni coesivi

La relazione che lega la resistenza al taglio non drenata, c_u , alla resistenza penetrometrica statica, q_t , è la seguente:

$$c_u = (q_t - \sigma_{vo}) / N_{kt}$$

dove N_k è un fattore di portanza generalmente compreso tra 10 e 25.

Nella seguente figura si mostrano le principali correlazioni documentate da Tavenas and Leroueil [1986].

Il valore medio pari a 15 viene utilizzato nel seguito.

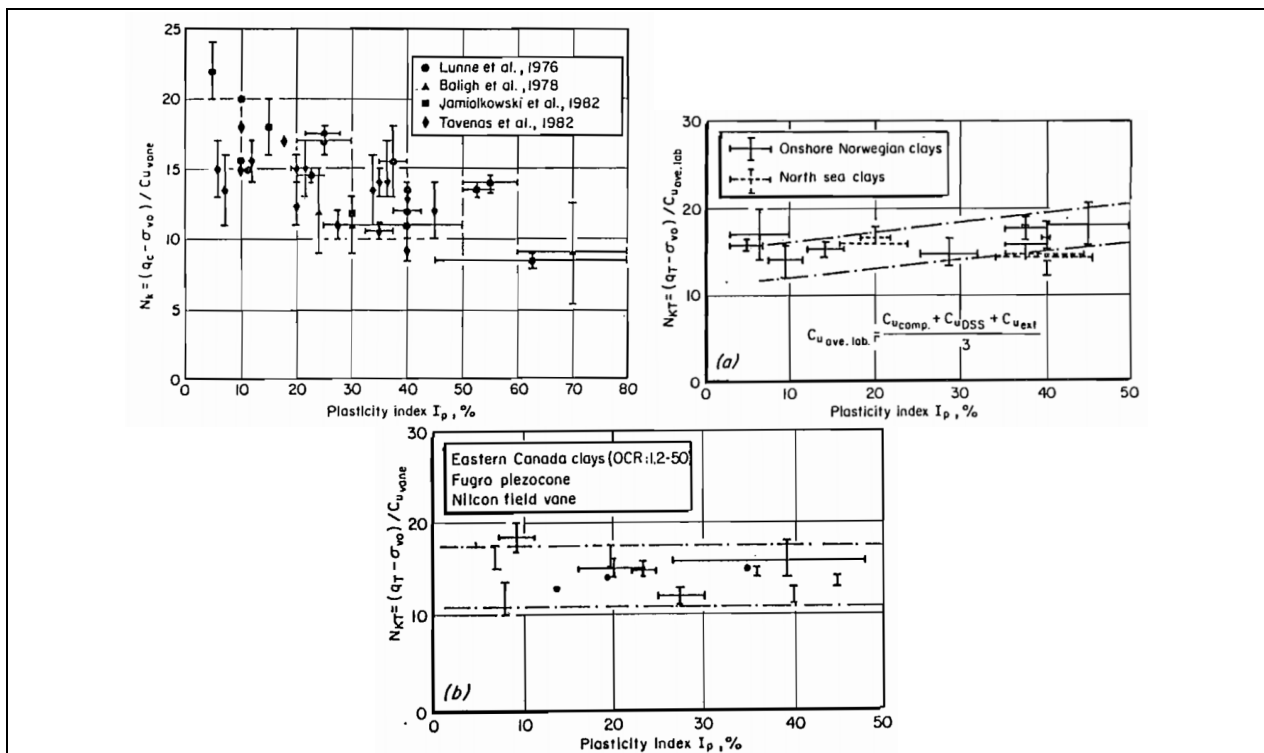


Figura 9 - Fattore N_k ottenuto sperimentalmente, Tavenas and Leroueil, 1986.

➤ Grado di sovraconsolidazione (OCR)

Il grado di sovraconsolidazione (Over Consolidation Ratio, OCR) è il rapporto in tensioni efficaci tra la massima pressione cui è stato assoggettato il terreno nella sua storia tensionale (pressione di preconsolidazione, σ_p') e l'attuale pressione verticale (σ_v'):

$$OCR = \frac{\sigma_p'}{\sigma_v'}$$

Di recentissima formulazione è la seguente correlazione sperimentale (vedasi [Figura 10](#)) ricavata da Mayne [2009]. Il coefficiente m è un esponente funzione della natura del terreno che può essere quindi espresso in funzione di Ic (Material Index) giungendo ad una espressione generalmente valida per ogni tipo di terreno (vedasi [Figura 11](#)).

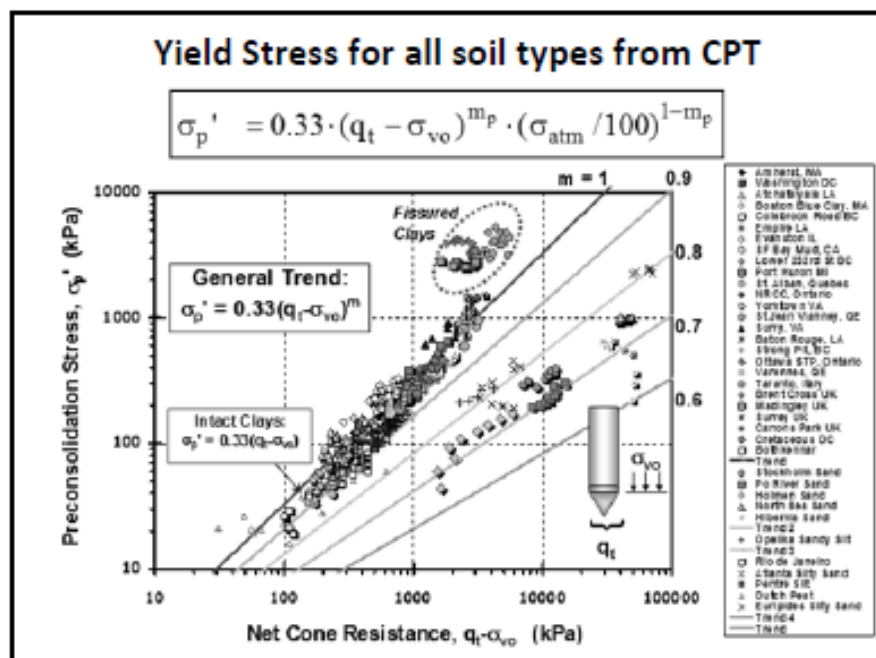


Figura 10 - Pressione di preconsolidazione σ_p' , (Mayne, 2009).

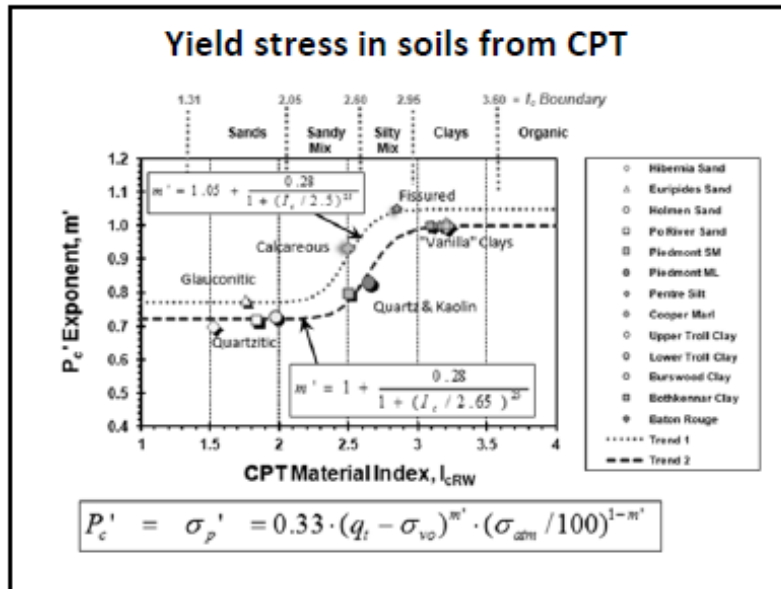


Figura 11 - Esponente m (Mayne, 2009).

➤ Parametri di resistenza drenati

Per i terreni coesivi:

L'angolo di resistenza al taglio per i terreni coesivi può essere valutato con la correlazione proposta da Senneset's [1989], mostrata nella seguente Figura 12.

Come specificato dall'autore, i valori di ϕ' così ottenuti sono da intendersi come linearizzazione secante del classico dominio di rottura di Mohr-Coulomb con coesione nulla ($c' = 0$). Se c'è coesione non nulla, il valore di ϕ' dovrà essere corretto al fine di ottenere il corrispondente valore linearizzato tangente al dominio di rottura.

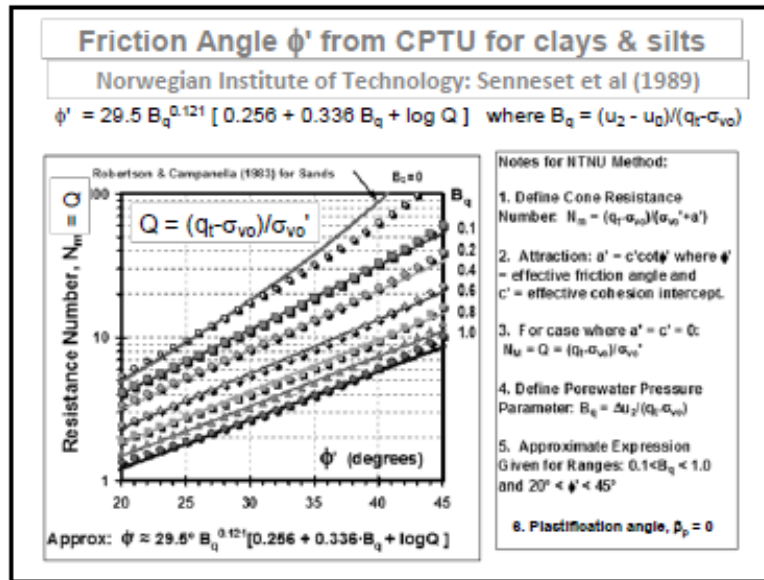


Figura 12 - Angolo di resistenza al taglio (Senneset et al., 1989).

La coesione drenata può essere stimata mediante in funzione della tensione di preconsolidazione (σ'_p), come suggerito da Mayne & Stuart [1988] e Abdel-Ghaffar [1993], per condizioni di carico a breve-medio termine:

$$c' \cong 0.02 \cdot \sigma'_p$$

dove σ'_p è ricavato mediante la determinazione di OCR ($\sigma'_p = OCR \cdot \sigma'_v$).

Il grado di sovraconsolidazione (Over Consolidation Ratio, OCR) è il rapporto in tensioni efficaci tra la massima pressione cui è stato assoggettato il terreno nella sua storia tensionale (pressione di preconsolidazione, σ'_p) e l'attuale pressione verticale (σ'_v):

$$OCR = \frac{\sigma'_p}{\sigma'_v}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

➤ Permeabilità idraulica (k)

Una prima stima della permeabilità, K [m/s], può essere ottenuto mediante l'approccio unificato di Robertson [2009], che utilizza il parametro I_c (Material Index):

$$K = 10^{(0.952 - 3.04 \cdot I_c)} \quad 1.0 < I_c \leq 3.27$$

$$K = 10^{(-4.52 - 1.37 \cdot I_c)} \quad 3.27 < I_c < 4.0.$$

➤ Coefficiente di consolidazione primaria verticale (c_v)

Il coefficiente di consolidazione primaria verticale c_v può essere ricavato dalle prove CPT secondo la seguente correlazione (G. Ferioli, 1999):

$$c_v = 10^{0.583 \cdot \ln\left[\frac{q_c}{f_s}\right] / 3534} \quad \text{cm}^2/\text{s}.$$

5.2.4 Materiali lapidei

La resistenza degli ammassi rocciosi dipende sia dalle caratteristiche della roccia intatta, sia dalla posizione, dal numero e dall'orientazione delle discontinuità.

Le informazioni sulle caratteristiche fisiche e meccaniche di questi materiali possono essere dedotte dall'elaborazione dei risultati delle prove di laboratorio effettuate sui campioni di roccia prelevati durante i sondaggi.

La caratterizzazione della roccia non può prescindere dalle condizioni dell'ammasso, alle quali concorrono:

- il grado di fratturazione della roccia;
- lo stato delle fratture;
- le caratteristiche della roccia intatta.

I primi due elementi permettono di definire un intervallo di variazione del parametro GSI (Geotechnical Strength Index, Hoek 200).

In particolare, Hoek e Brown (2002) hanno proposto un criterio di resistenza per ammassi rocciosi fratturati nel quale compaiono tre parametri:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	46 di 119

- σ_{ci} , ovvero la resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta, per caratterizzare la resistenza del materiale lapideo;

- “m” ed “s”, che tengono conto del grado di fatturazione del volume di materiale interagente con l’opera.

Nel piano delle tensioni principali il criterio di resistenza di Hoek e Brown è espresso dall’equazione:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{ci}} = \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (1)$$

La stima del parametro σ_{ci} è stata effettuata in base ai risultati delle prove di laboratorio.

I valori di m ed s dipendono essenzialmente dal valore di GSI e dal grado di disturbo della roccia.

I parametri “m” ed “s” ed “a” possono essere correlati all’indice “Geological Strength Index” (GSI, Figura 13) secondo le espressioni (Hoek et al., 2002):

$$m = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

Risulta semplice, ponendo rispettivamente nella (1) $\sigma_3 = 0$ e $\sigma_1 = \sigma_3 = \sigma_t$ ricavare rispettivamente la resistenza a compressione della roccia σ_c e la resistenza a trazione σ_t .

Il valore di m_i è stato ricavato da indicazioni di letteratura per rocce simili a quelle ritrovate nel corso delle indagini.

Il coefficiente D che varia tra 0 ed 1, e rappresenta quantitativamente il disturbo arrecato alla roccia dalle operazioni di asportazione da scavo e dallo scarico tensionale che ne consegue. Per rocce indisturbate si può porre $D = 0$, mentre per scavi in roccia con mezzi meccanici e senza uso di esplosivi si può porre $D = 0.5$ (Figura 14).

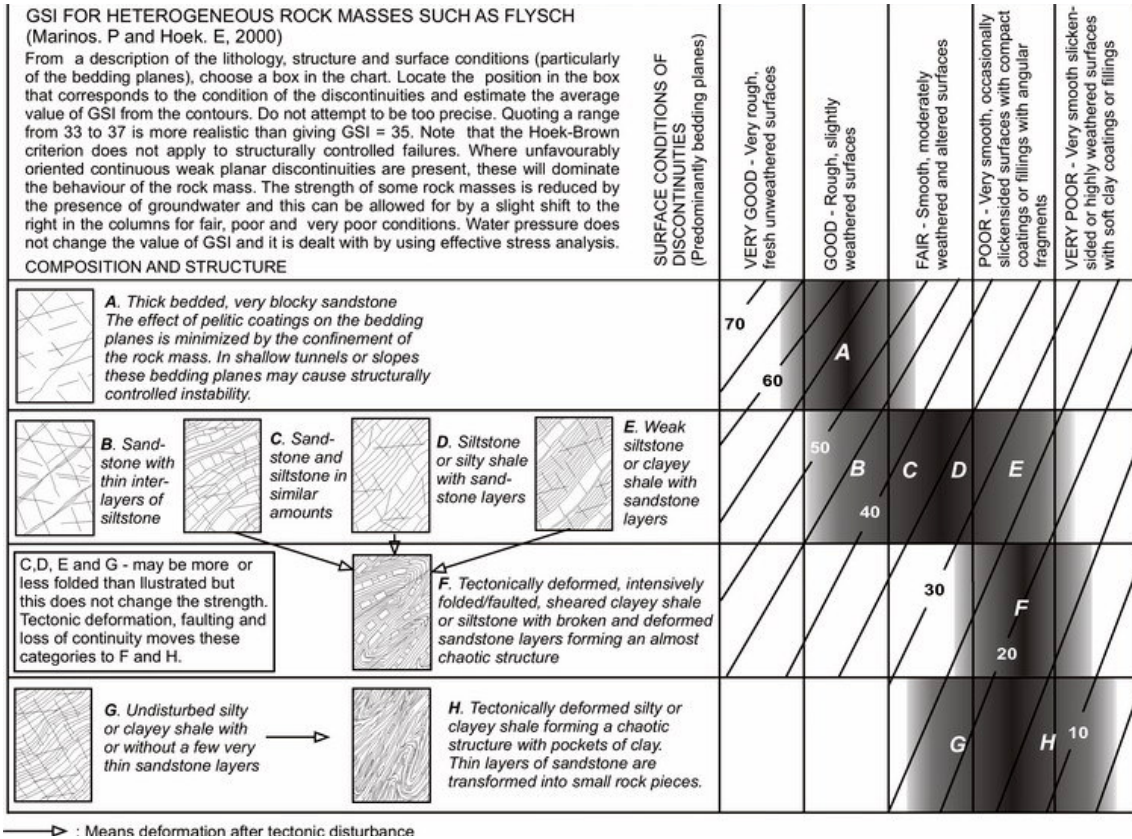


Figura 13– Tabella per la valutazione del GSI




Appearance of rock mass	Description of rock mass	Suggested value of <i>D</i>
	Excellent quality controlled blasting or excavation by Tunnel Boring Machine results in minimal disturbance to the confined rock mass surrounding a tunnel.	<i>D</i> = 0
	Mechanical or hand excavation in poor quality rock masses (no blasting) results in minimal disturbance to the surrounding rock mass. Where squeezing problems result in significant floor heave, disturbance can be severe unless a temporary invert, as shown in the photograph, is placed.	<i>D</i> = 0 <i>D</i> = 0.5 No invert
	Very poor quality blasting in a hard rock tunnel results in severe local damage, extending 2 or 3 m, in the surrounding rock mass.	<i>D</i> = 0.8

Figura 14 – Tabella per la valutazione del parametro *D*

I parametri del criterio di rottura di Hoek e Brown possono essere correlati ai valori della coesione e dell'angolo di attrito del criterio di Mohr Coulomb linearizzando (linea blu Figura 15) nel piano delle tensioni principali (σ_1 ; σ_3) il dominio di rottura di Hoek e Brown (linea rossa sempre Figura 15) in un intervallo:

$$\sigma_t < \sigma_3 < \sigma_{3, \max}$$

L'angolo d'attrito φ essere in queste ipotesi calcolato come:

$$\varphi = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}} \right]$$

e la coesione può essere invece ricavata dall'espressione:

$$c' = \frac{\sigma'_{ci} [(1+2a)s + (1-a)m_b\sigma'_{3n}] (s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a)\sqrt{1 + 6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}} / [(1+a)(2+a)]}$$

in cui

$$\sigma'_{3n} = \sigma'_{3max} / \sigma'_{ci}$$

Hoek e Brown (2002) indicano un criterio razionale per scegliere il valore adeguato di $\sigma_{3,max}$, che in generale è funzione del tipo di problema esaminato (stabilità di pendii in roccia o studio del comportamento di una galleria) e della profondità dello scavo (o altezza della scarpata).

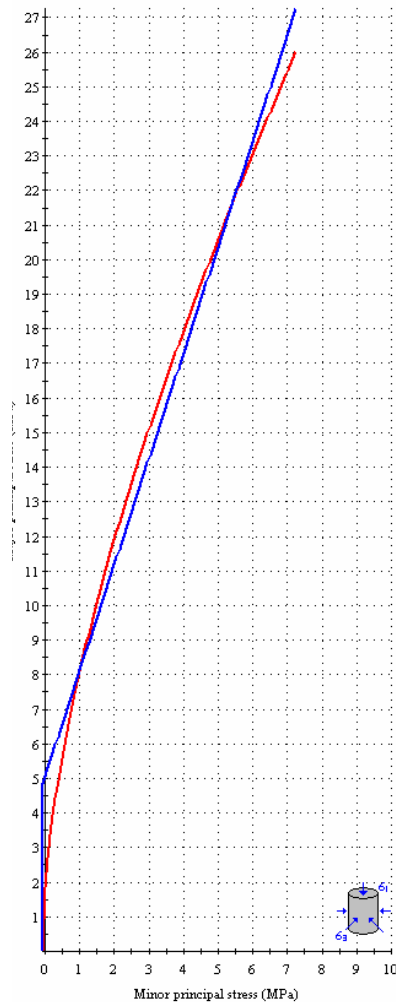


Figura 15 Linearizzazione del dominio di rottura di Hoek e Brown.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

5.3 Depositi alluvionali sabbie e ghiaie - Unità b1

Si tratta di sabbia e ghiaia con presenza di ciottoli che si rinviene localmente intercalata alle alluvioni limoso sabbiose in corrispondenza dei sondaggi 1S2, 1S14bis, 1S15, 1S11sept, 1S18, nella zona del fiume. Vedasi tipologia di materiale in figura seguente.



Figura 16 – Foto cassetta 1S14bis (da 10.0 a 15.0 m)

Le prove SPT hanno fornito valori tra 47 e 100 (rifiuto) colpi/30 cm (vedasi [Figura 17](#)), la maggior parte dei valori sono a rifiuto strumentale.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	51 di 119

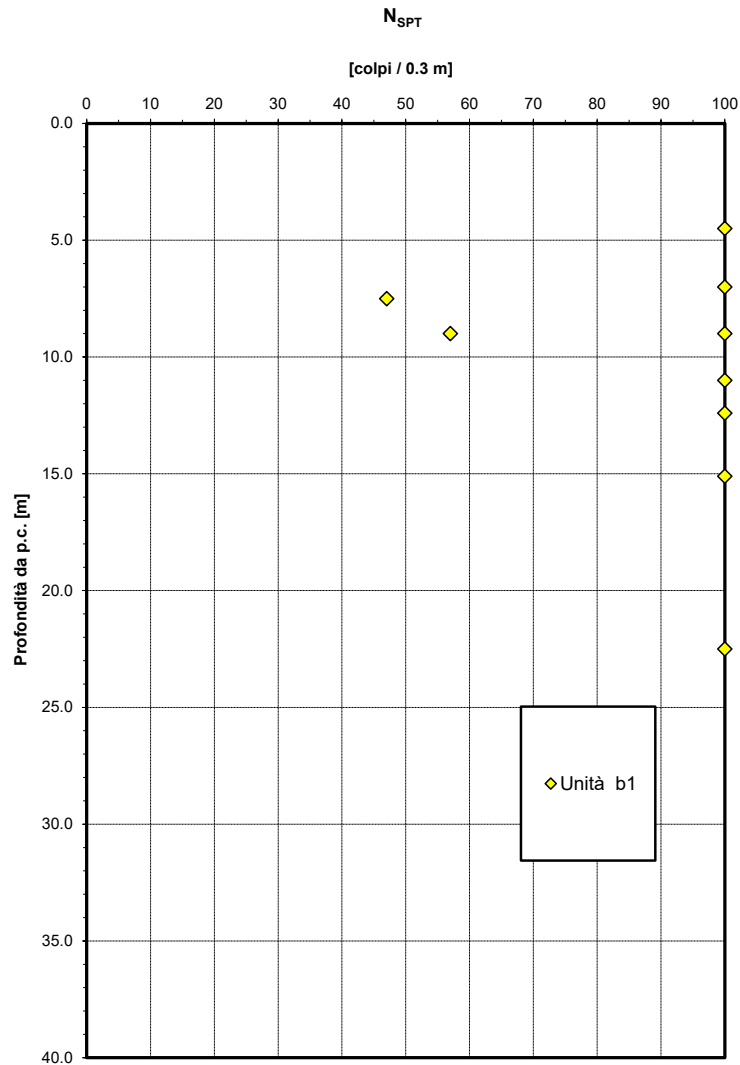


Figura 17 – N_{spt} – da prove SPT (unità b1)

La densità relativa stimata dalle prove SPT è del 70 (vedasi *Figura 18*).

Densità relativa da prove SPT

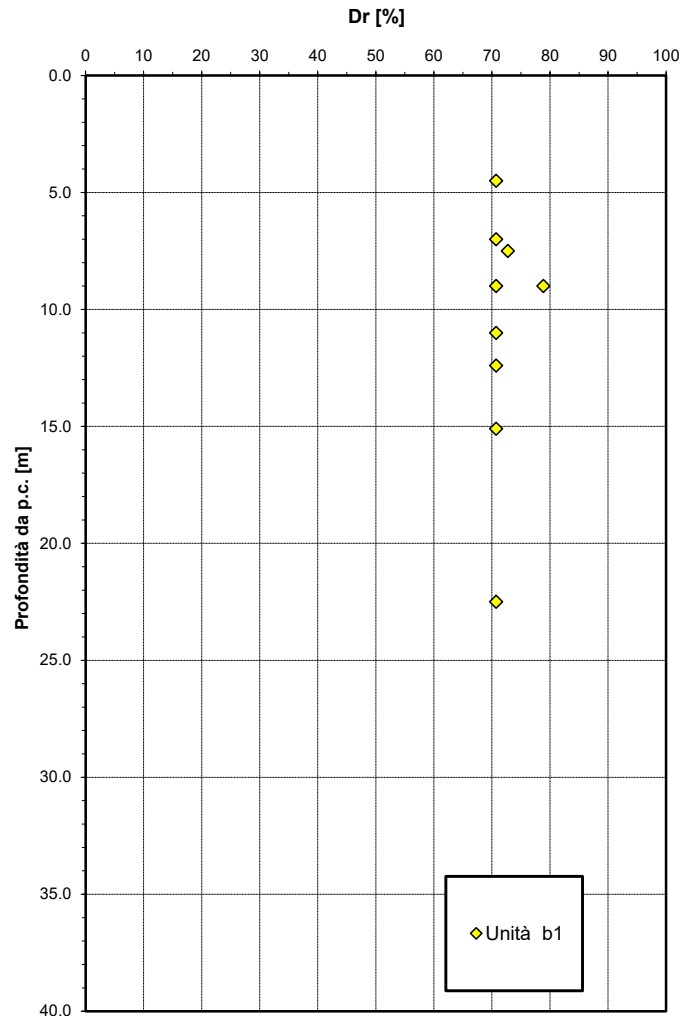


Figura 18 - Densità relativa da prove SPT – unità b1

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati alcuni campioni rimaneggiati su cui sono state eseguite analisi granulometriche. Dalle analisi granulometriche si ha (vedasi *Figura 19*):

- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 61 e 63%;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 10 e 35%;
- percentuale di fine (limo + argilla) generalmente compresa tra 4 e 26%.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
 NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	53 di 119

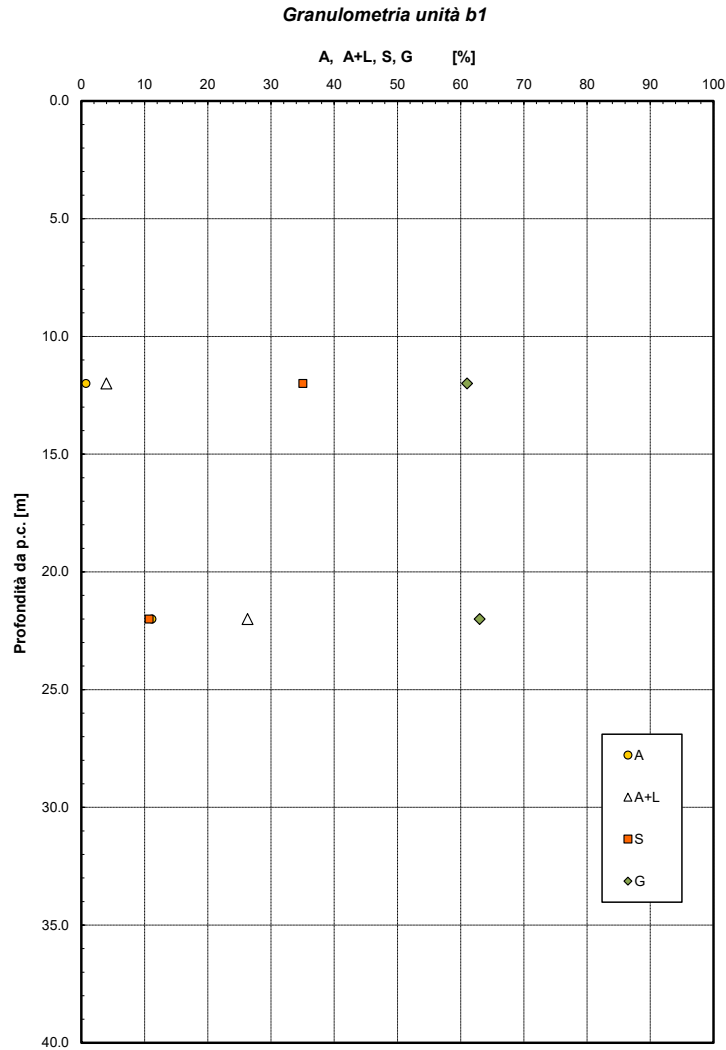


Figura 19 - Granulometria - unità b1

Parametri di resistenza:

Dall'interpretazione dei risultati delle prove SPT si ottengono valori dell'angolo di resistenza al taglio compresi tra 38 e 40° (vedasi **Figura 20**) in quanto gran parte delle prove SPT sono andate a rifiuto strumentale. Cautelativamente considerando che si hanno pochi dati a disposizione si assume un range di valori di resistenza al taglio di progetto: $\varphi' = 35\div 40^\circ$ angolo di resistenza al taglio

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

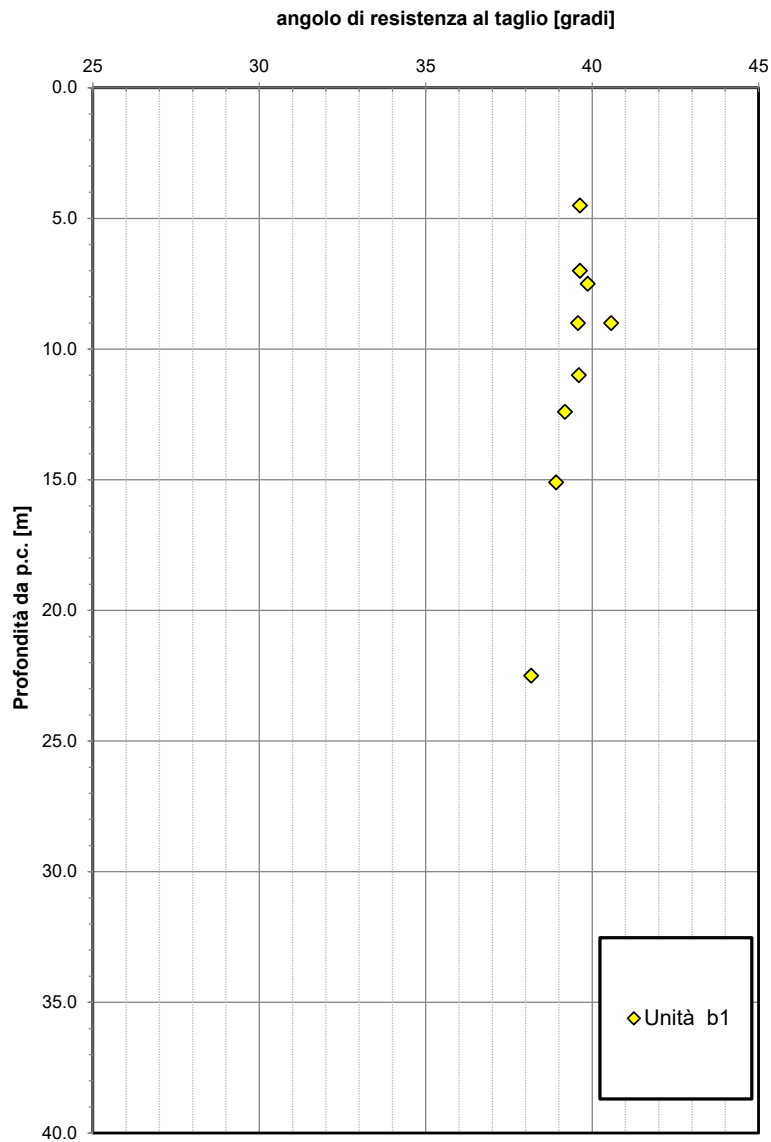


Figura 20 - Angolo di resistenza al taglio da prove SPT - unità b1

Parametri di deformabilità:

I parametri di deformazione sono stati stimati dalle correlazioni dalle prove SPT (vedasi [Figura 21](#), [Figura 22](#), [Figura 23](#)). Per l'unità in esame si stima:

$V_s = 200 \div 380$ m/s velocità delle onde di taglio

$G_0 = 75 \div 280$ MPa

modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_0 = 200 \div 700$ MPa

modulo di deformazione elastico iniziale

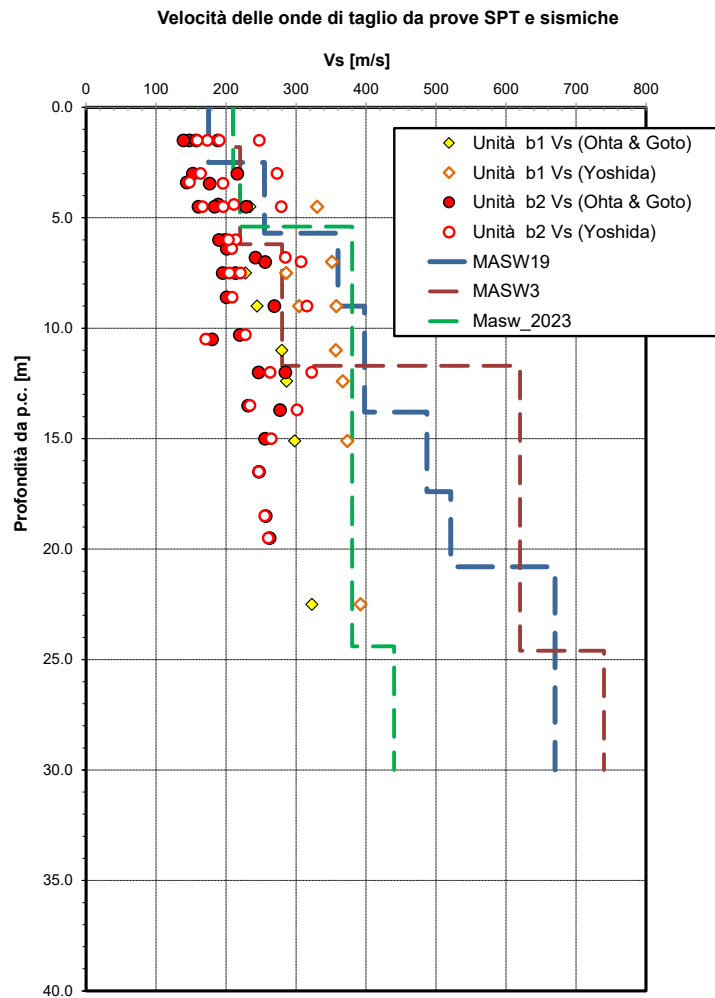


Figura 21 - Velocità delle onde di taglio da prove SPT e indagini sismiche – unità b1, b2, b3

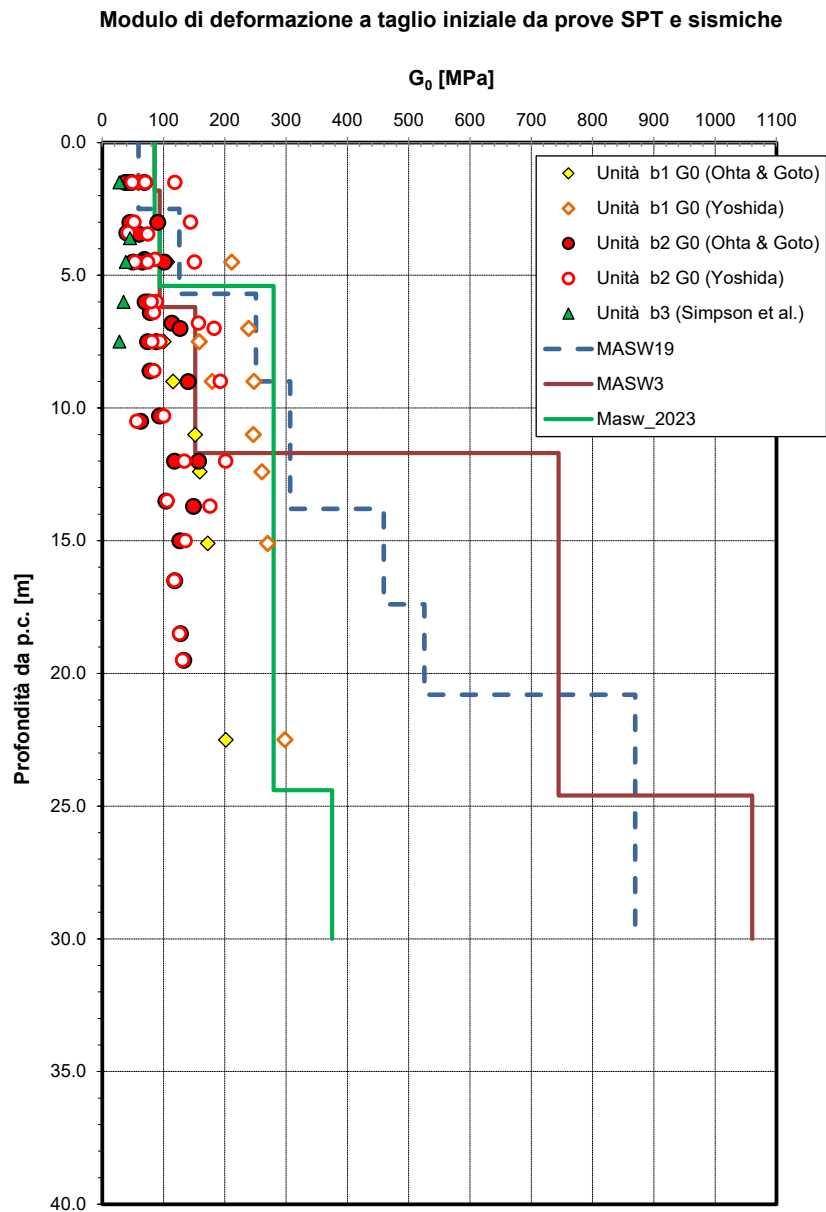


Figura 22 - Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e indagini sismiche – unità b1, b2, b3

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

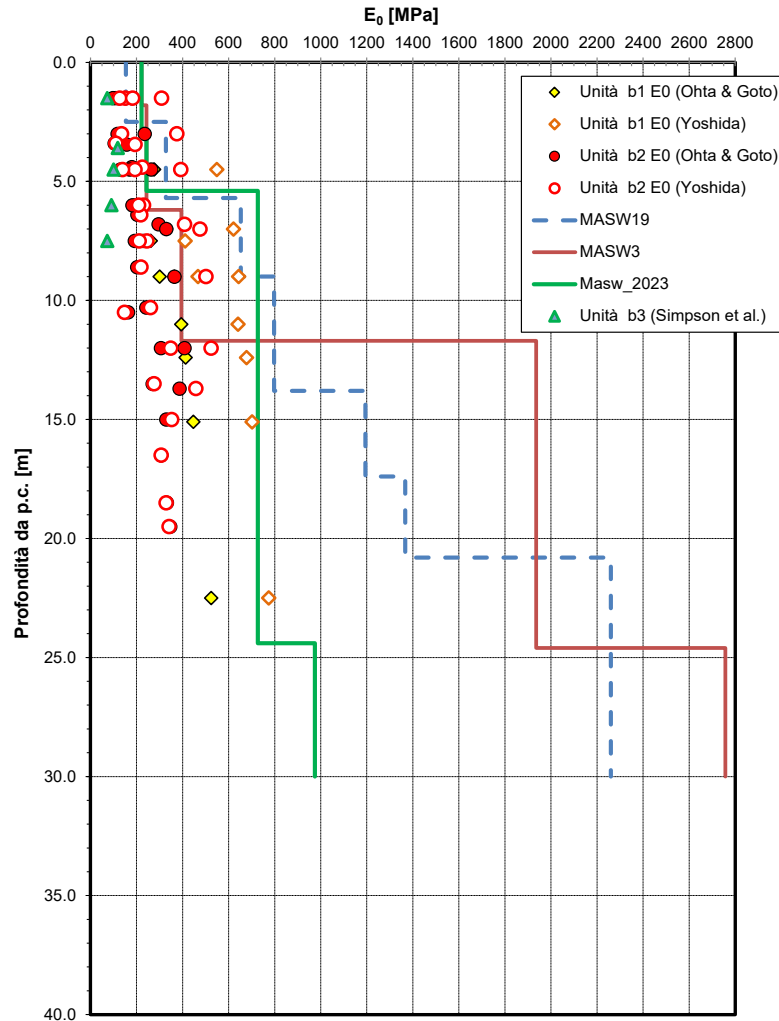


Figura 23 - Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e indagini sismiche – unità b1, b2, b3

Caratteristiche di permeabilità:

In corrispondenza dei depositi alluvionali, le prove di permeabilità hanno dato valori piuttosto dispersi compresi fra $1E^{-08}$ e $6E^{-05}$ m/s. (vedasi **Figura 34**); per l'unità b1 si assume una permeabilità media di $5E^{-05}$ m/s.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

5.4 Depositi alluvionali limi sabbiosi e sabbie limose– Unità b2

Si tratta di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi. Sono terreni superficiali e si riscontrano fino a profondità di circa 15 – 20 metri nei sondaggi 1S2, 1S14, 1S15, 1S11sept, 1S18.



Figura 24 – Foto cassetta 1S15 (da 10.0 a 15.0 m)

Le prove SPT hanno fornito valori molto dispersi, generalmente tra 8 e 40 colpi/30 cm, ma con locali valori anche superiori fino a rifiuto strumentale (vedasi [Figura 25](#)).

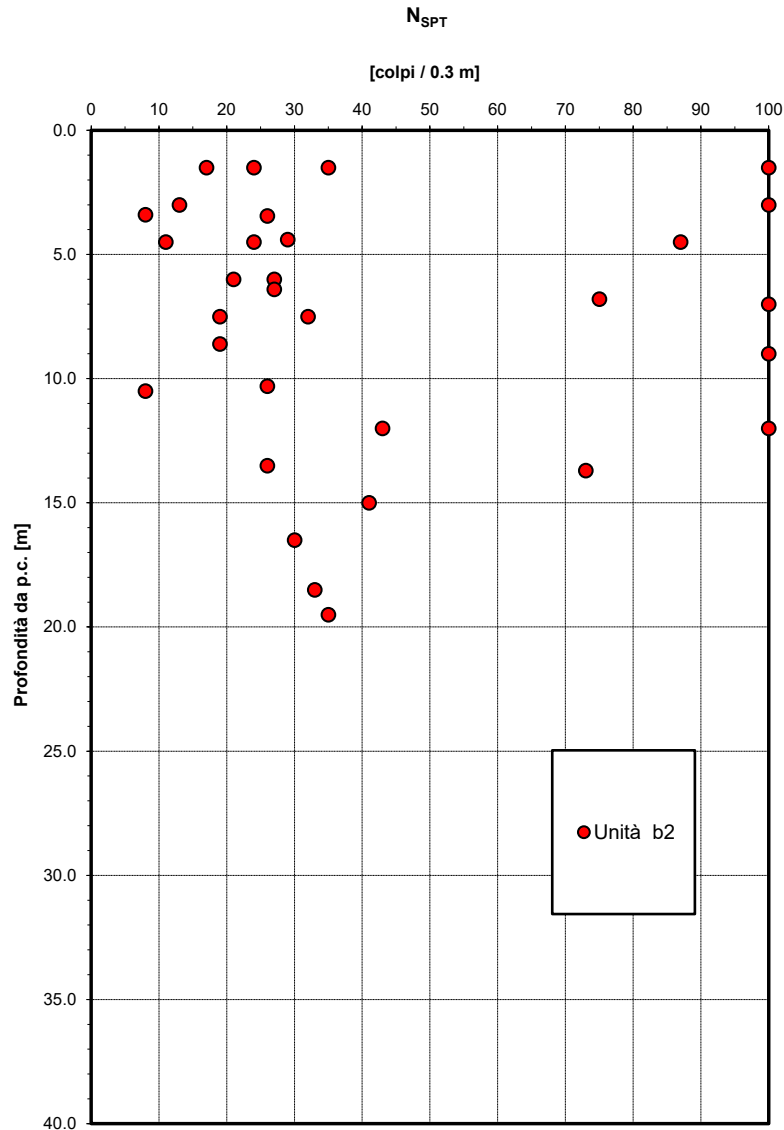


Figura 25 - N_{spt} – da prove SPT - unità b2

La densità relativa stimata dalle prove SPT è generalmente tra 25 e 70% (vedasi [Figura 26](#)).

Densità relativa da prove SPT

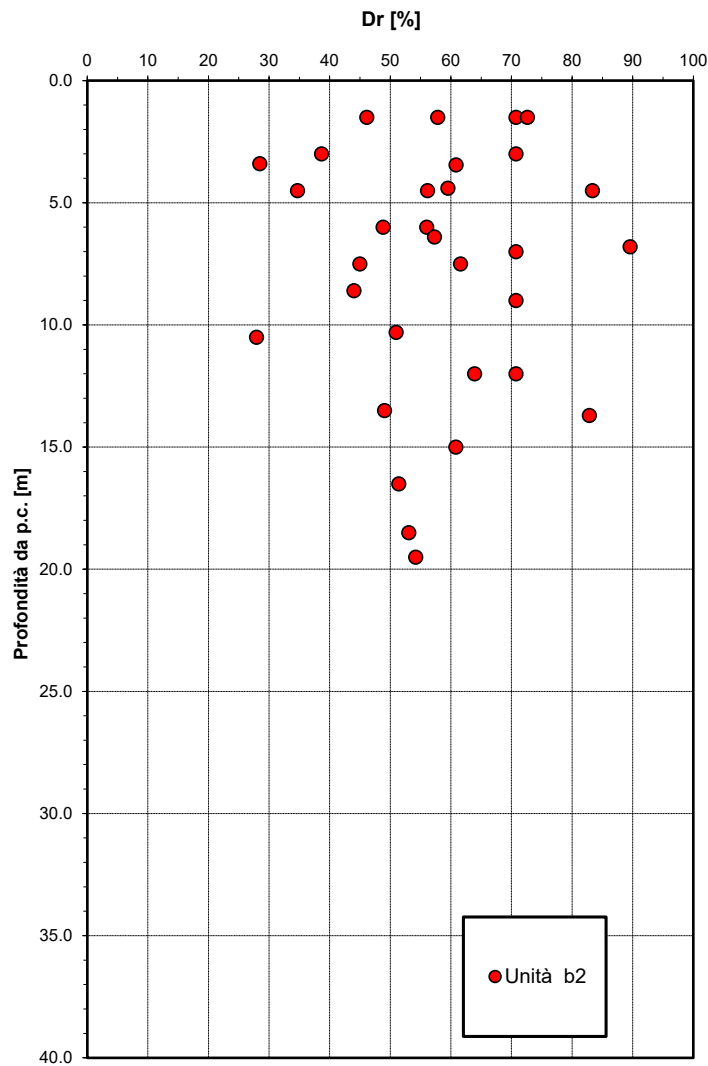


Figura 26 - Densità relativa da prove SPT – unità b2

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

Il peso di volume naturale è tra 19.5 e 20.5 kN/m³ con valore puntuale a 21.5 kN/m³ (vedasi [Figura 27](#)).

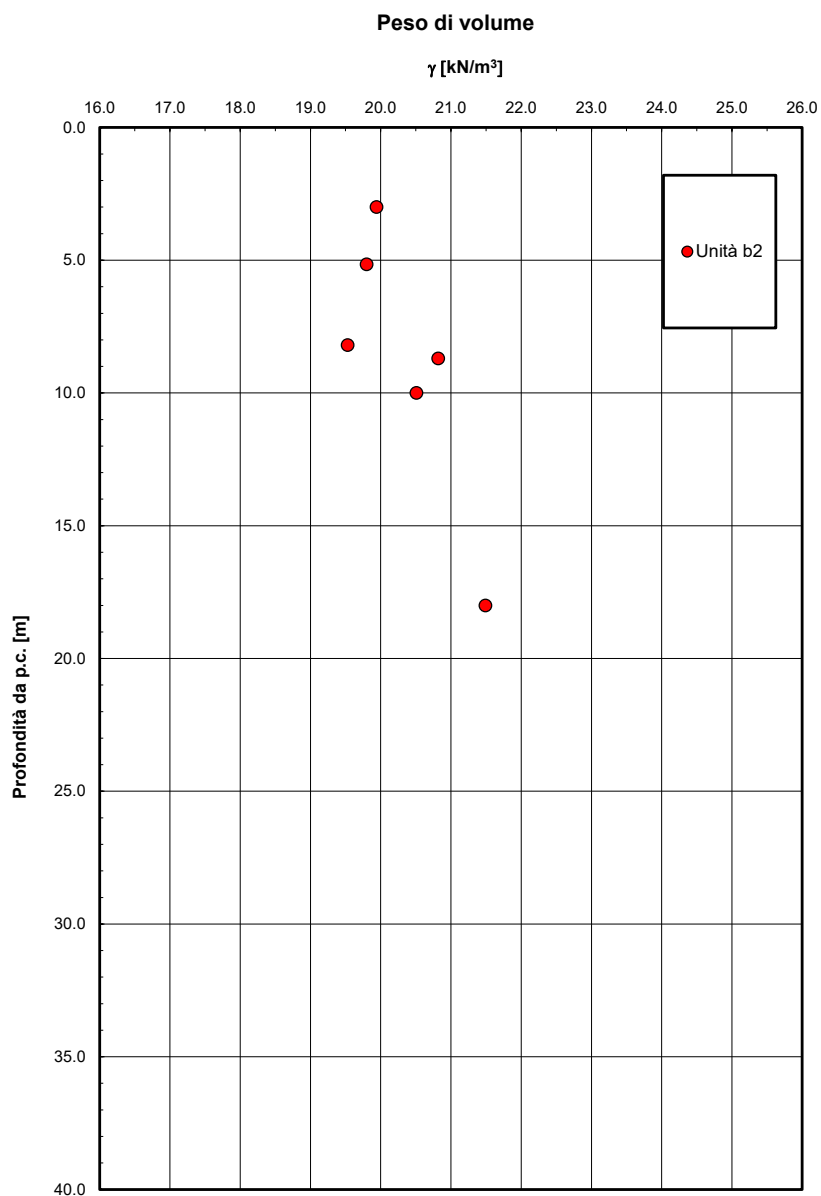


Figura 27 - Peso di volume – unità b2

Dalle analisi granulometriche si ha (vedasi *Figura 28*):

- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 74% (media 17%);
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 5 e 55% (media 25%);
- percentuale di fine (limo + argilla) generalmente compresa tra 11 e 93% (media 58%), con percentuale di argilla compresa fra 5 e 58% (media 29%).

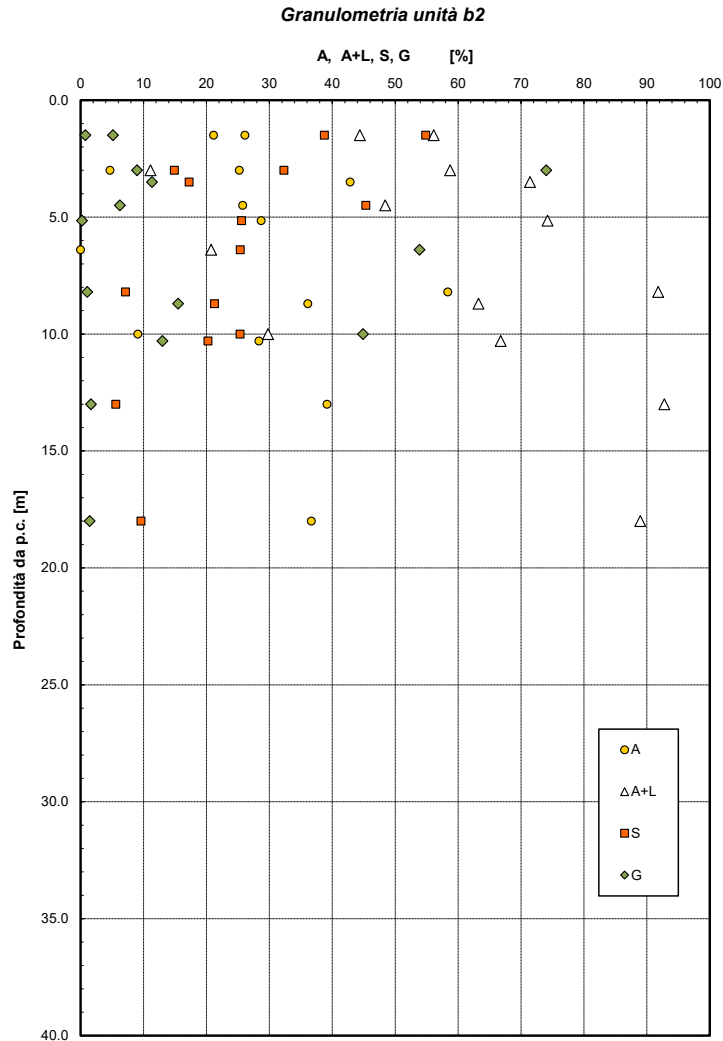


Figura 28 - Granulometria - unità b2

Il contenuto naturale d'acqua è tra 13 e 24%. Su alcuni campioni con maggior contenuto di fine, è stato possibile eseguire i limiti di consistenza. Il limite liquido medio è 40%, il limite plastico medio è 22%, l'indice plastico medio è 20% (vedasi [Figura 29](#)). L'indice di consistenza varia tra 1.0 e 1.8.

Limiti di Atterberg e contenuto naturale d'acqua

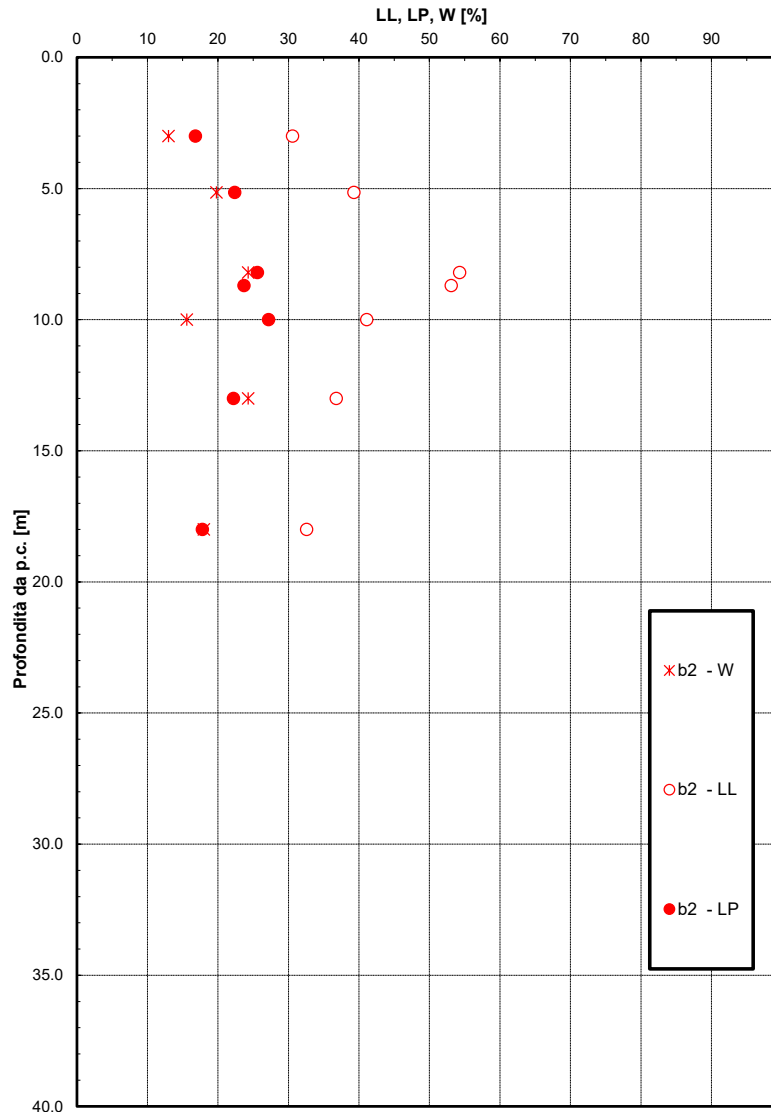


Figura 29 - Limiti di Atterberg e contenuto naturale d'acqua – unità b2

Dalla carta di plasticità di Casagrande il materiale si colloca nella zona delle argille inorganiche di medio-alta plasticità (vedasi [Figura 30](#)).

Carta di Plasticità di Casagrande

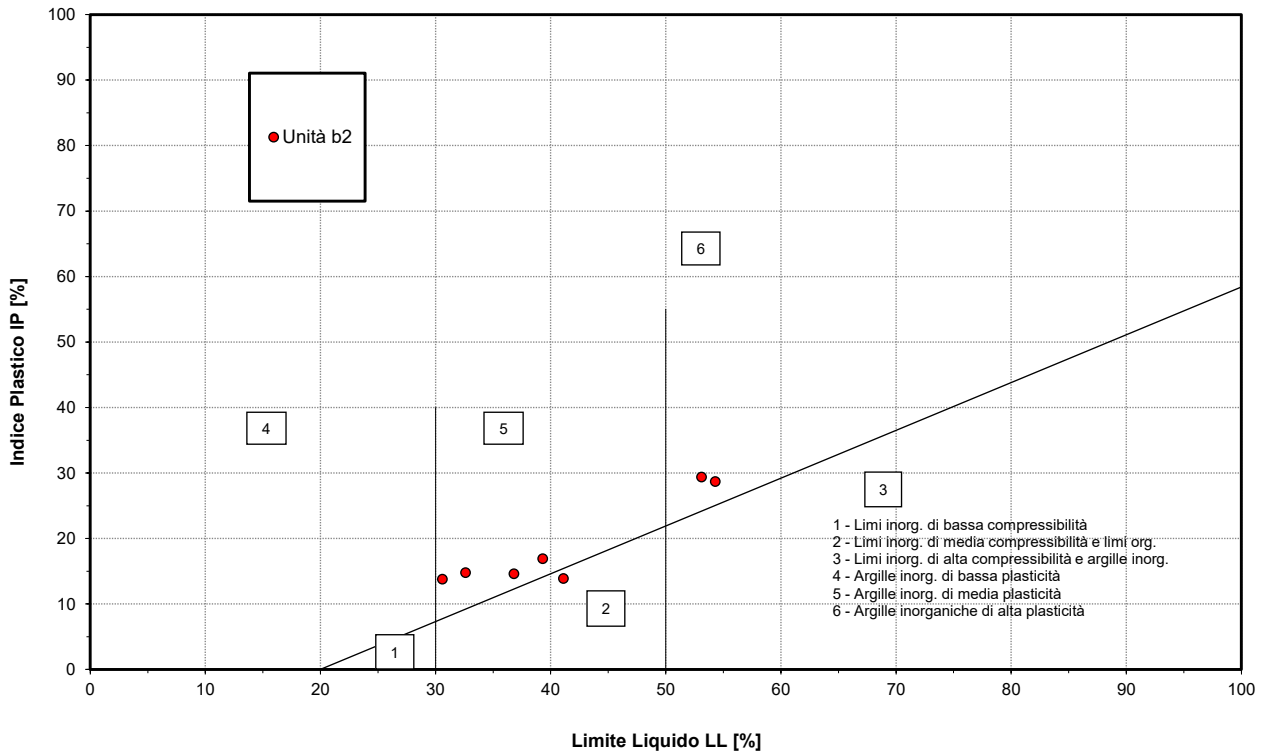


Figura 30 - Carta di plasticità di Casagrande – unità b2

Parametri di resistenza:

Dalla stima dei risultati delle prove SPT si ottengono valori dell'angolo di resistenza al taglio tra 28 e 36° (vedasi [Figura 31](#)).

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

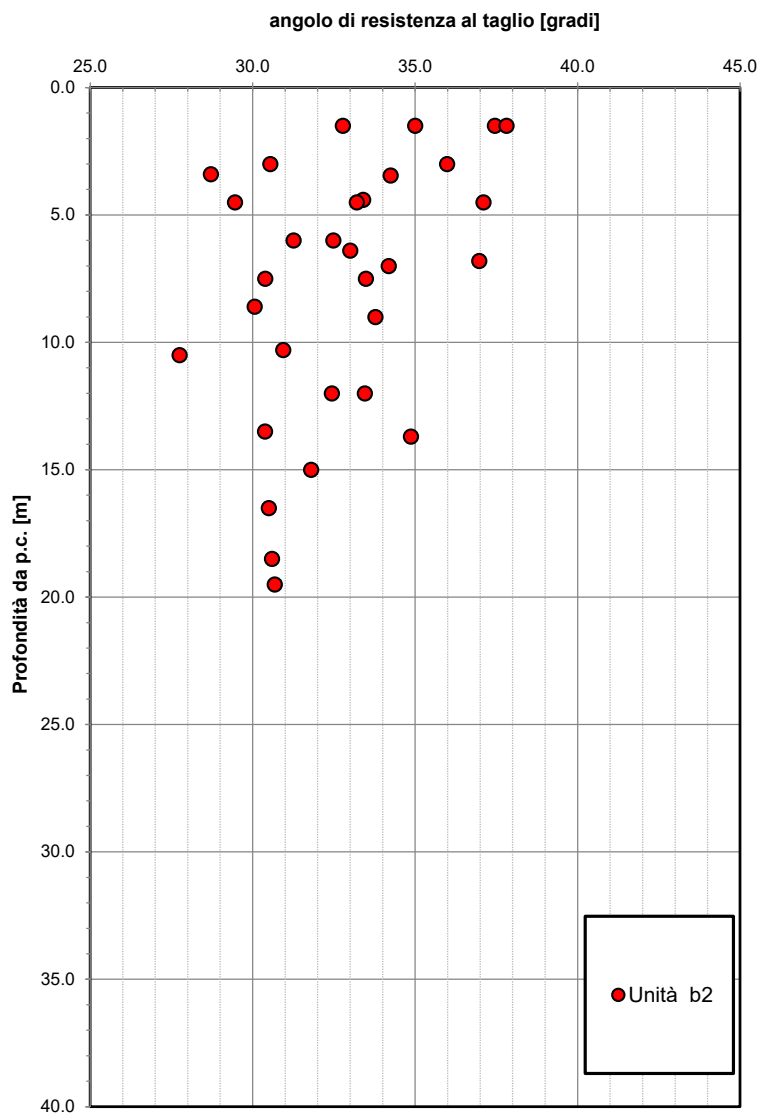


Figura 31 - Angolo di resistenza al taglio da prove SPT - unità b2

Sui campioni prelevati sono state eseguite delle prove di taglio diretto in laboratorio che hanno dato coesione tra 13 e 32 kPa ed angolo di resistenza al taglio tra 17 e 26.5° (vedasi *Figura 32*); i valori di coesione sono riconducibili alla presenza di un maggiore contenuto di fine nei campioni indisturbati (che ne ha infatti consentito il campionamento).

Quindi si assumono i seguenti valori cautelativi desunti sulla base di conoscenze su terreni in condizioni simili.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	66 di 119

$\varphi' = 27 \div 34^\circ$ angolo di resistenza al taglio

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

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

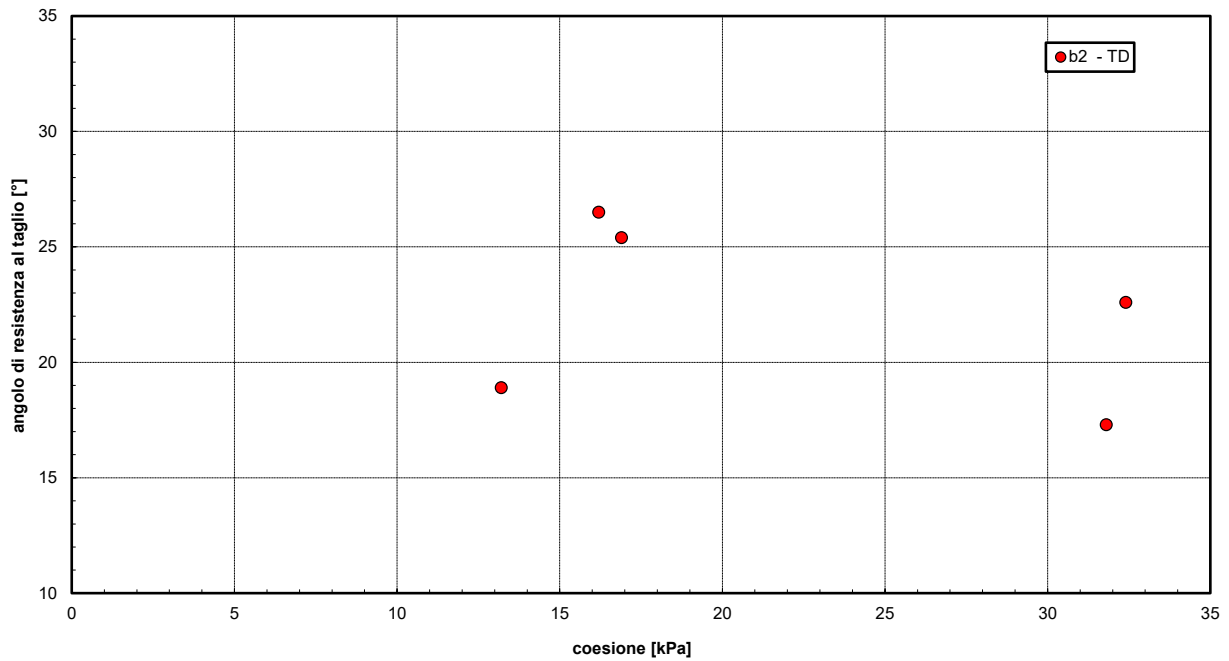


Figura 32 - Coesione drenata ed angolo di resistenza al taglio da laboratorio – unità b2

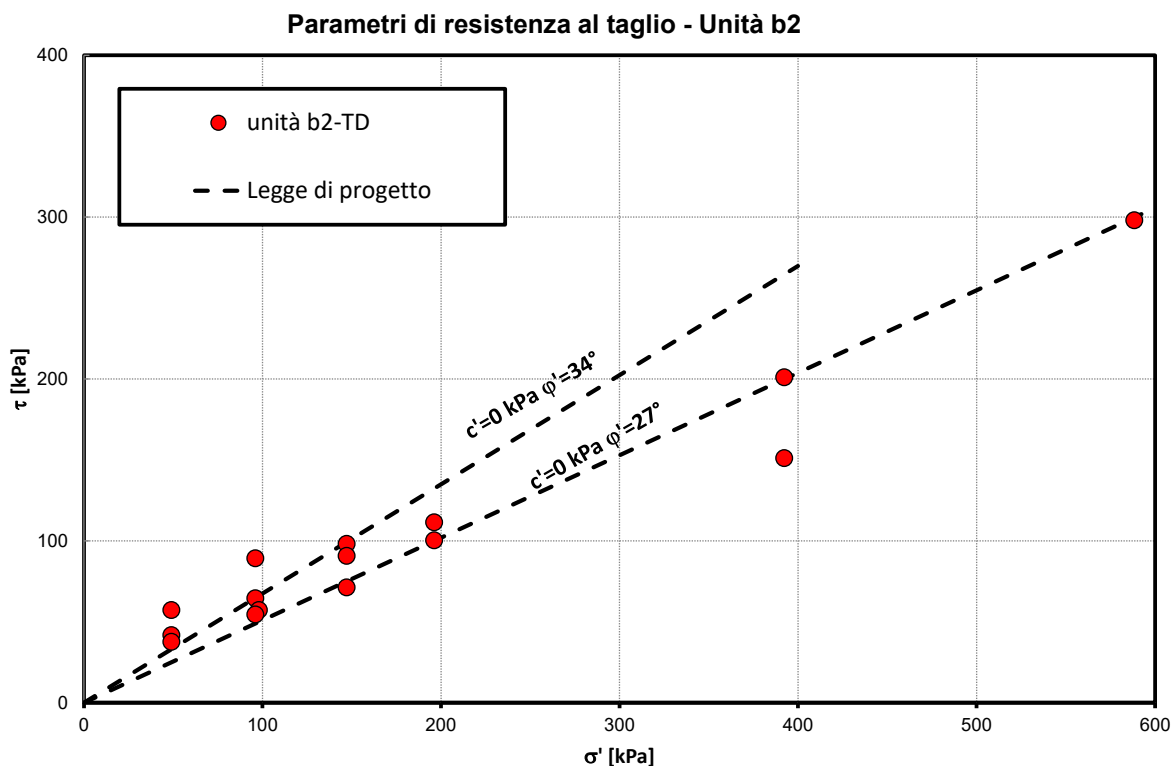


Figura 33 – Parametri di resistenza da laboratorio – unità b2

Parametri di deformabilità:

I parametri di deformazione sono stati stimati dalle correlazioni in base alle prove SPT e dalle indagini sismiche (vedasi *Figura 21*, *Figura 22*, *Figura 23*). Per l'unità in esame si stima:

- | | |
|--------------------------|--|
| $V_s = 140 \div 290$ m/s | velocità delle onde di taglio |
| $G_o = 40 \div 160$ MPa | modulo di deformazione a taglio iniziale |
| $E_o = 100 \div 400$ MPa | modulo di deformazione elastico iniziale |

Caratteristiche di permeabilità:

Per l'unità in esame le prove di permeabilità hanno dato valori piuttosto dispersi compresi fra $1E^{-08}$ e $1E^{-05}$ m/s (vedasi *Figura 34*).

Permeabilità da prove in foro di sondaggio

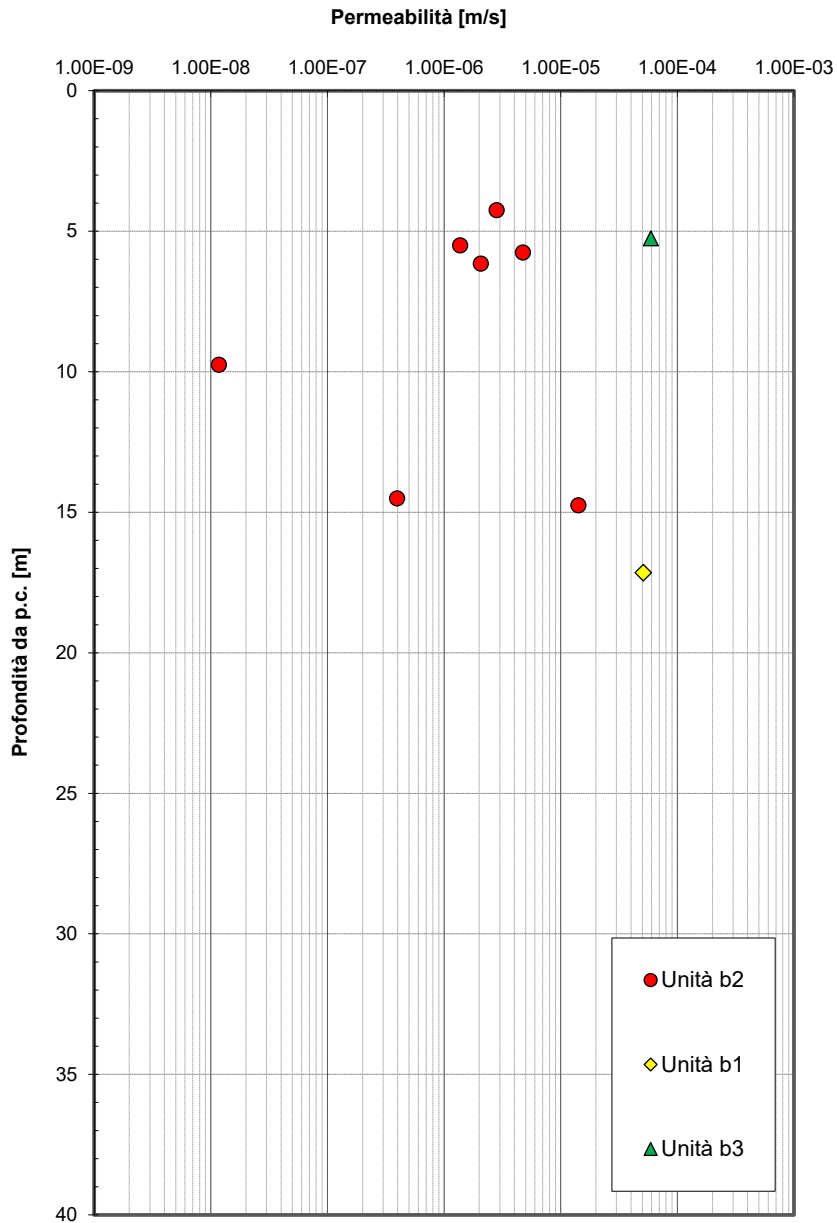


Figura 34 – Permeabilità – unità b1, b2 e b3

5.5 Depositi alluvionali argille limose e limi argillosi – Unità b3

Si tratta di terreno coesivo costituito da argilla limosa e limo argilloso, che nell'area è stato intercettato nel sondaggio 1S14bis.

Le prove SPT hanno fornito valori tra 8 e 13 colpi/30 cm, ad indicare la bassa consistenza del materiale (vedasi [Figura 35](#)).

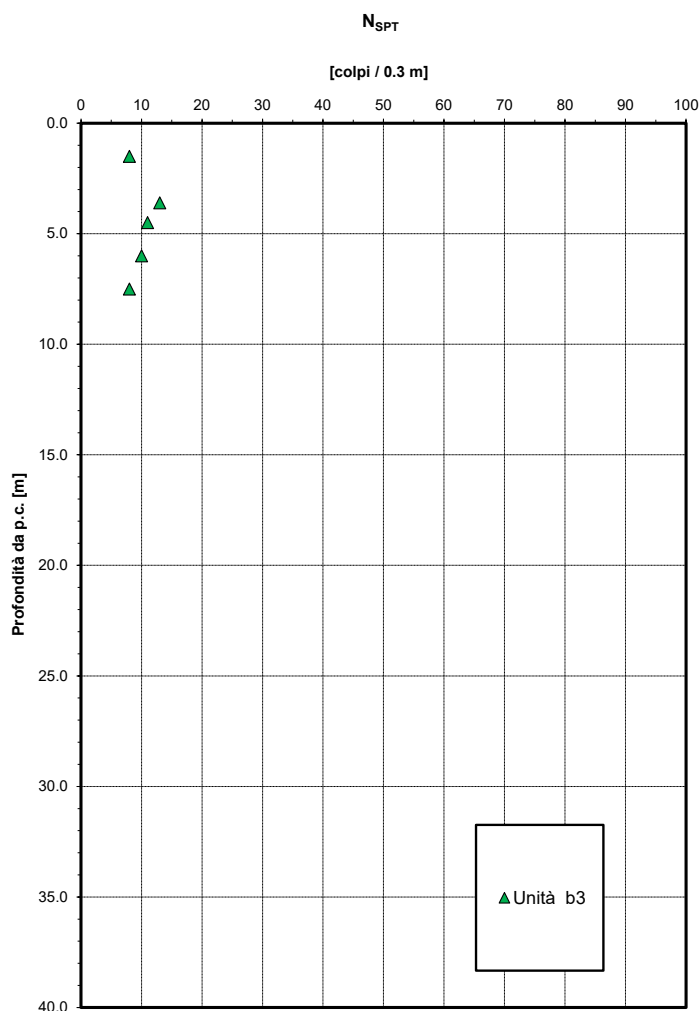


Figura 35 - N_{spt} da prove SPT - unità b3

Nell'unità è disponibile un campione indisturbato su cui sono state eseguite prove di laboratorio, di cui si sintetizzano i risultati a seguire.

Il peso di volume naturale è di 20.3 kN/m.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	70 di 119

Dall'analisi granulometrica si ha:

- percentuale di ghiaia 0.2%;
- percentuale di sabbia 32.7%;
- percentuale di fine (limo + argilla) 67%, di cui argilla 42% e limo 25%.

Il contenuto natura d'acqua è 19%. Il limite liquido è 33%, il limite plastico è 19%, l'indice di plasticità è di 14%.

Parametri di resistenza:

In laboratorio è disponibile una prova triassiale (CIU) che ha dato valori angolo di resistenza al taglio di picco 25.6° con coesione drenata 23.5 kPa. Considerando i pochi dati a disposizione si assume un intervallo di valori:

$$c' = 0 \div 10 \text{ kPa}$$

coesione drenata

$$\varphi' = 24 \div 25^\circ$$

angolo di resistenza al taglio

La resistenza al taglio non drenata stimata da prove SPT e dalle prove di Pocket Penetrometer è in figura seguente; si osservano valore generalmente compresi fra 40 e 150 kPa.

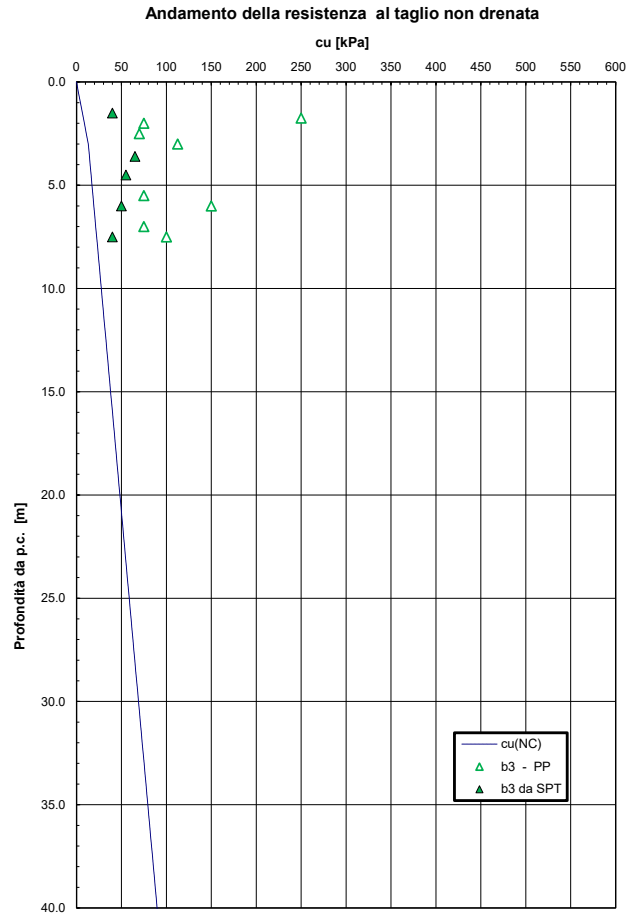


Figura 36 - Andamento della resistenza al taglio non drenata - unità b3

Parametri di deformabilità:

I parametri di deformazione sono stati stimati dai risultati delle indagini SPT (vedasi [Figura 37](#), [Figura 38](#)) e sismica Masw3, dove nei primi 6 m si evince una velocità delle onde di taglio $V_s = 200 \div 220$ m/s. Per l'unità in esame si stima:

$G_0 = 30 \div 100$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_0 = 70 \div 240$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e sismiche

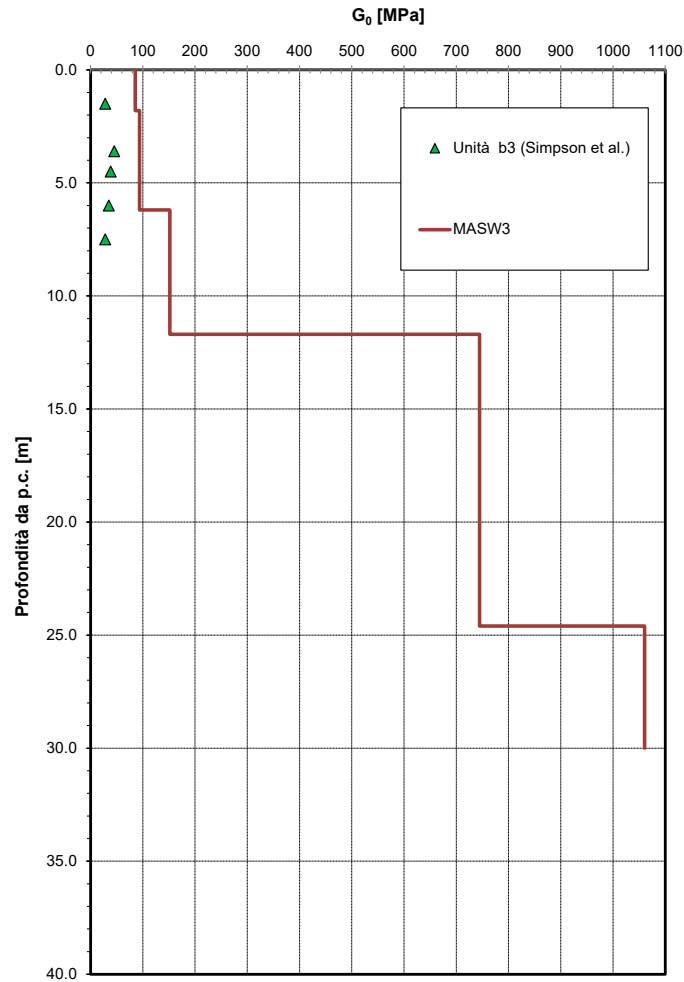


Figura 37 - Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e sismiche – unità b3

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

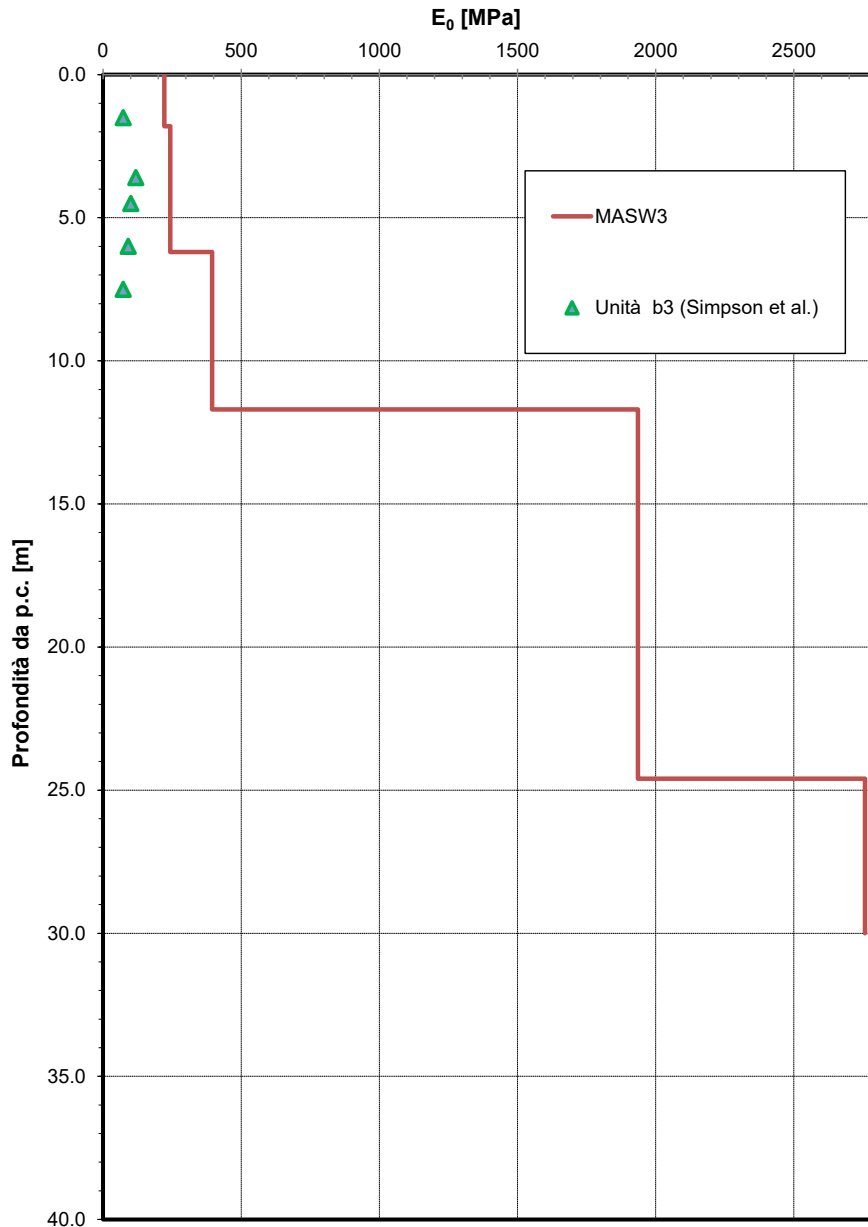


Figura 38 - Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche – unità b3

5.6 Materiale corpo di frana – Unità fr

Si tratta del materiale che costituisce il corpo di frana quiescente o attivo ed è costituito da limo argilloso ed argilla limosa debolmente sabbiosa.



Sondaggio n° 1S11 Cassetta Catalogatrice n° 2 da 5.00 m 10.00

Figura 39 – Foto cassetta 1S11 (da 5.0 a 10.0 m)



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

Figura 40 – Foto cassetta 1S11quat (da 5.0 a 10.0 m)

Le prove SPT hanno fornito valori tra 9 e 50 colpi/30 cm (vedasi [Figura 41](#)) con alcuni valori a rifiuto strumentale ad indicare la forte variabilità nello stato di consistenza di questo materiale.

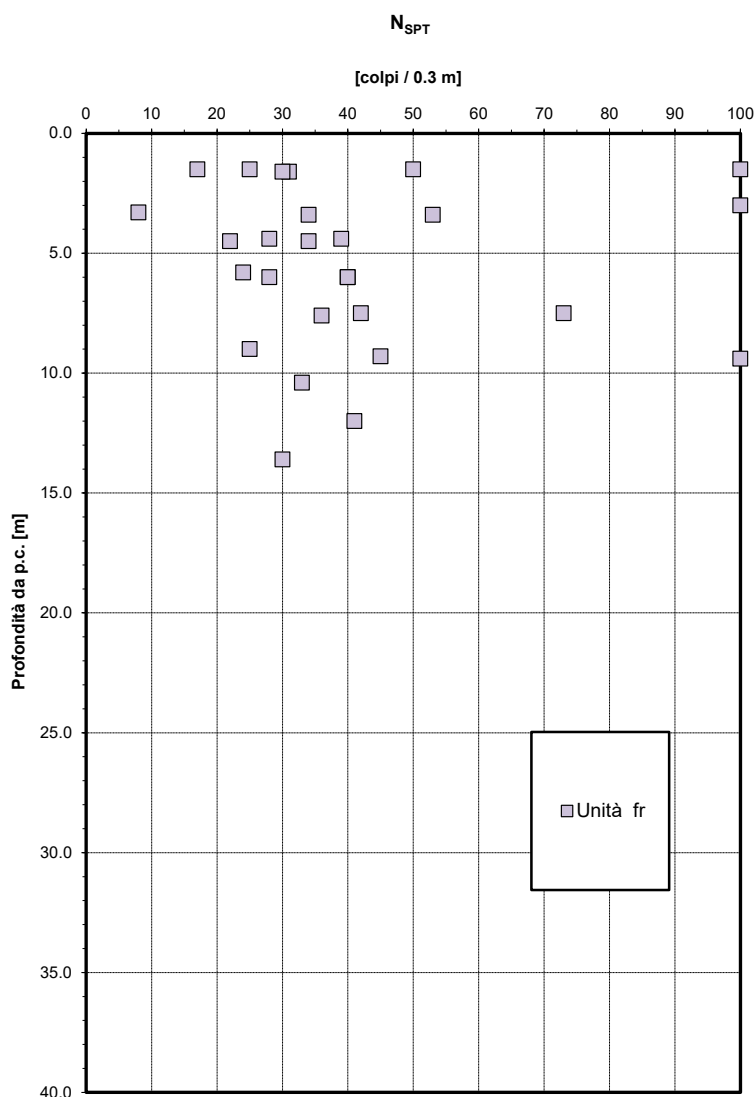


Figura 41 - N_{spt} da prove SPT - unità fr

Le prove penetrometriche CPTU hanno evidenziato per questa unità valori di resistenza alla punta penetrometrica tra 2 e 5 MPa e tendono a rifiuto strumentale nel momento in cui intercettano il substrato (unità AVF).

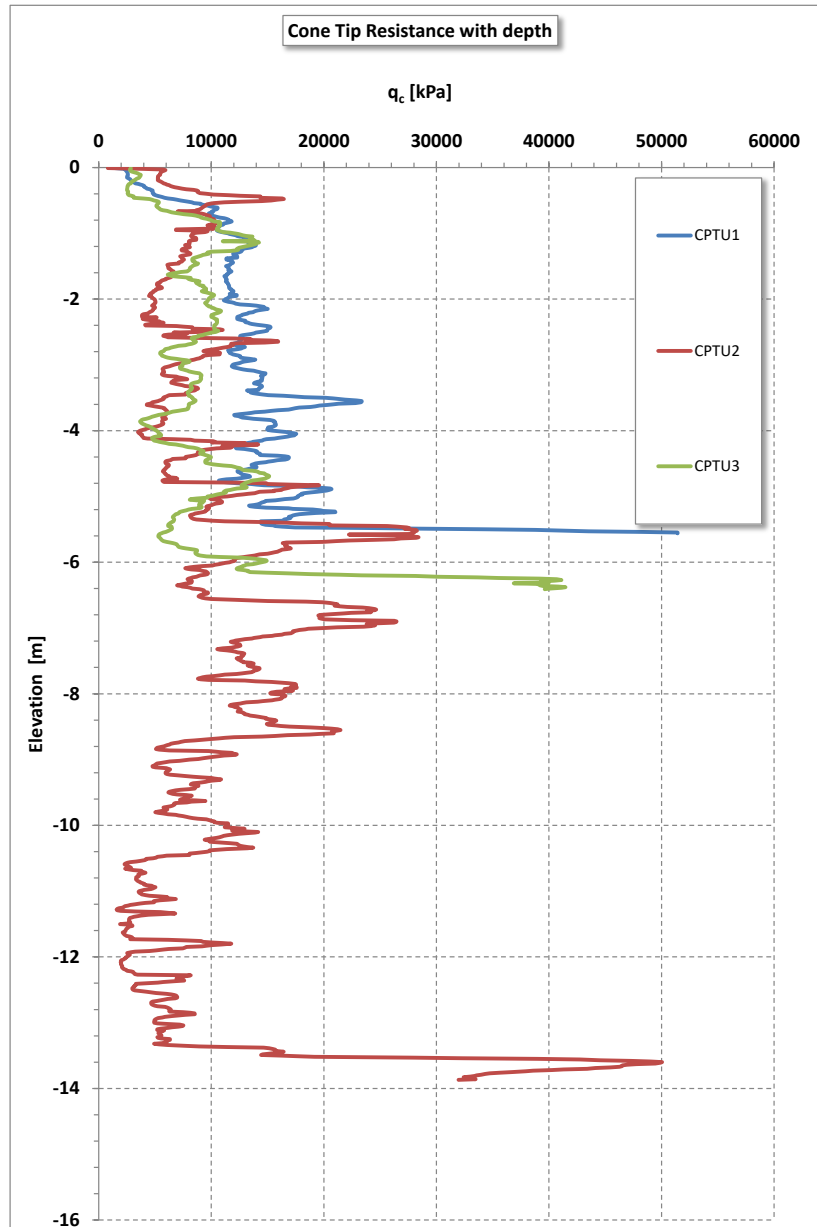


Figura 42 – Resistenza alla punta penetrometrica da prove CPTU – qc

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

Il peso di volume naturale è compreso generalmente fra 18.5 e 20.5 kN/m³ con un valore a 21.3 kN/m³ (vedasi *Figura 43*).

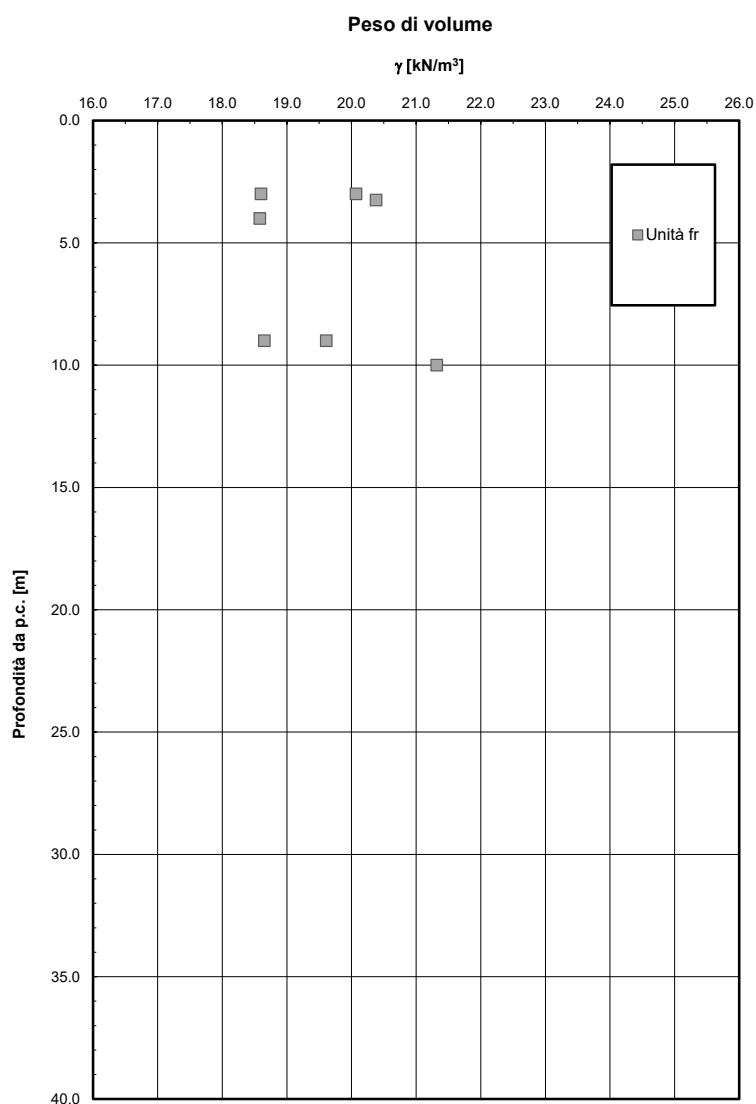


Figura 43 - Peso di volume – unità fr

Dalle analisi granulometriche si ha (vedasi *Figura 44*):

- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 32% (media 10%);
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 10 e 38% (media 20%);

- percentuale di fine (limo + argilla) generalmente compresa tra 49 e 85% (media 69%), con percentuale di argilla compresa fra 11 e 36% (media 28%).

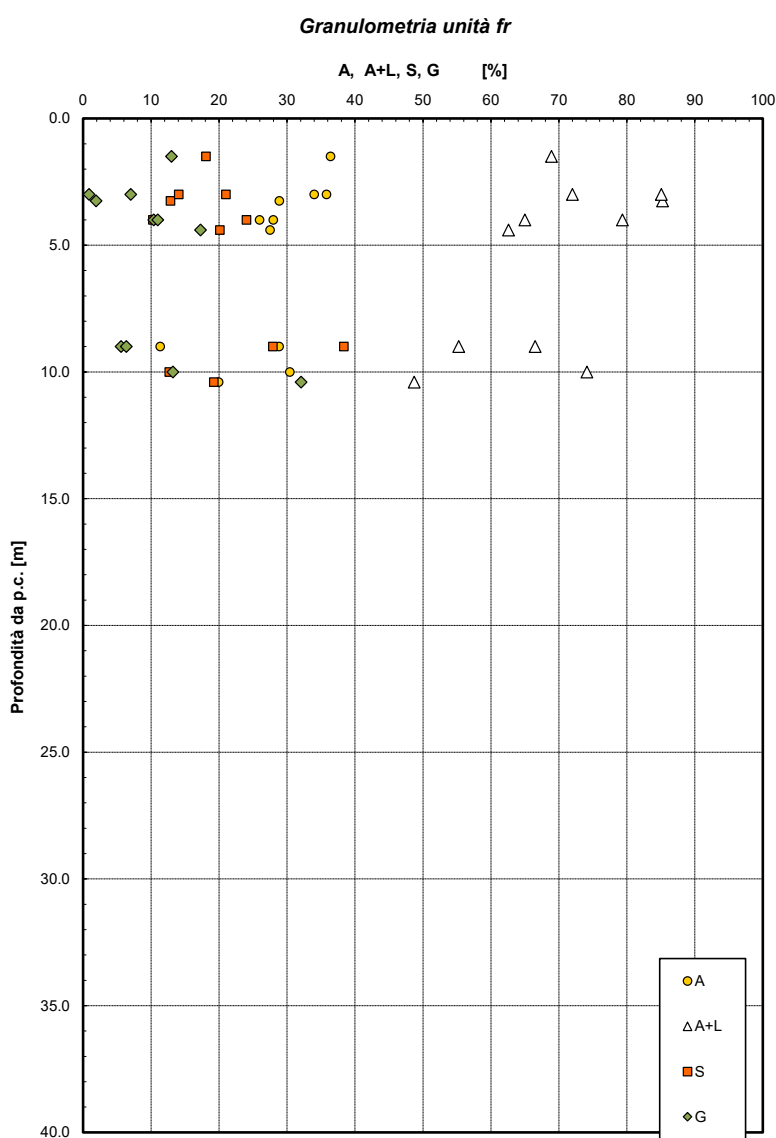


Figura 44 - Granulometria - unità fr

Il contenuto naturale d'acqua medio è 16%. Il limite liquido medio è 40%, il limite plastico medio è 20%, l'indice plastico medio è 20% (vedasi [Figura 45](#)). L'indice di consistenza varia tra 1.1 e 1.4.

Limiti di Atterberg e contenuto naturale d'acqua

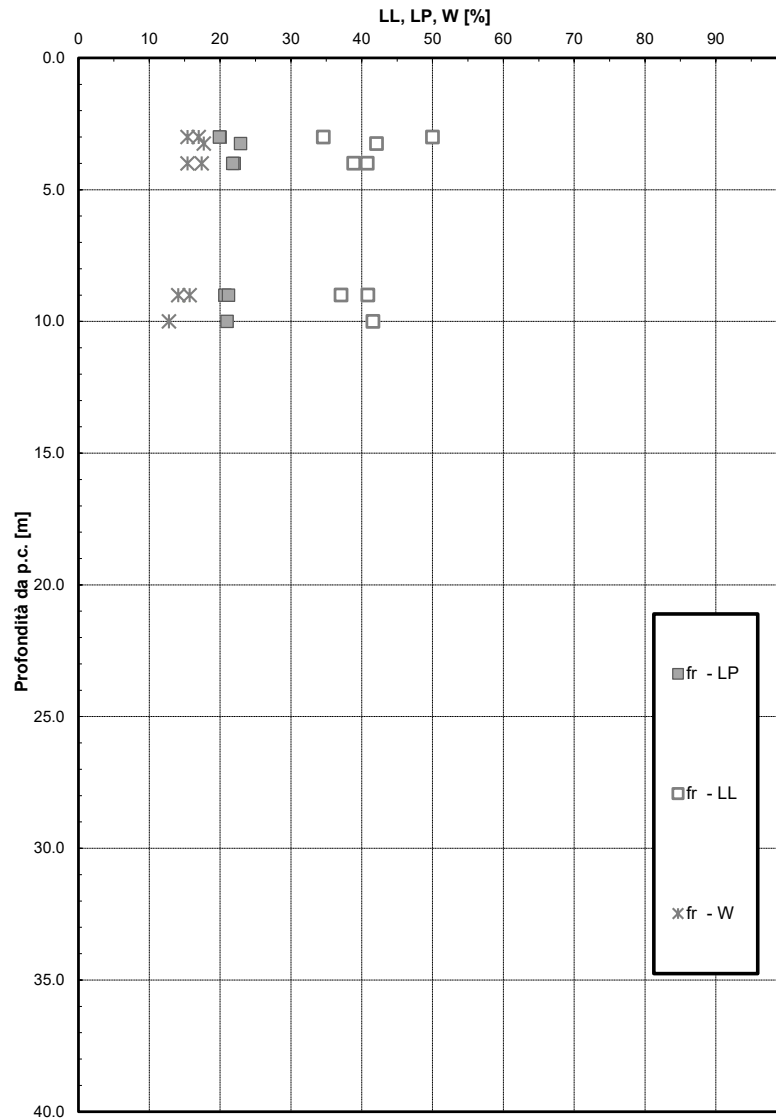


Figura 45 - Limiti di Atterberg e contenuto naturale d'acqua – unità fr

Dalla carta di plasticità di Casagrande il materiale si colloca nella zona delle argille inorganiche di medio plasticità (vedasi *Figura 46*).

Carta di Plasticità di Casagrande

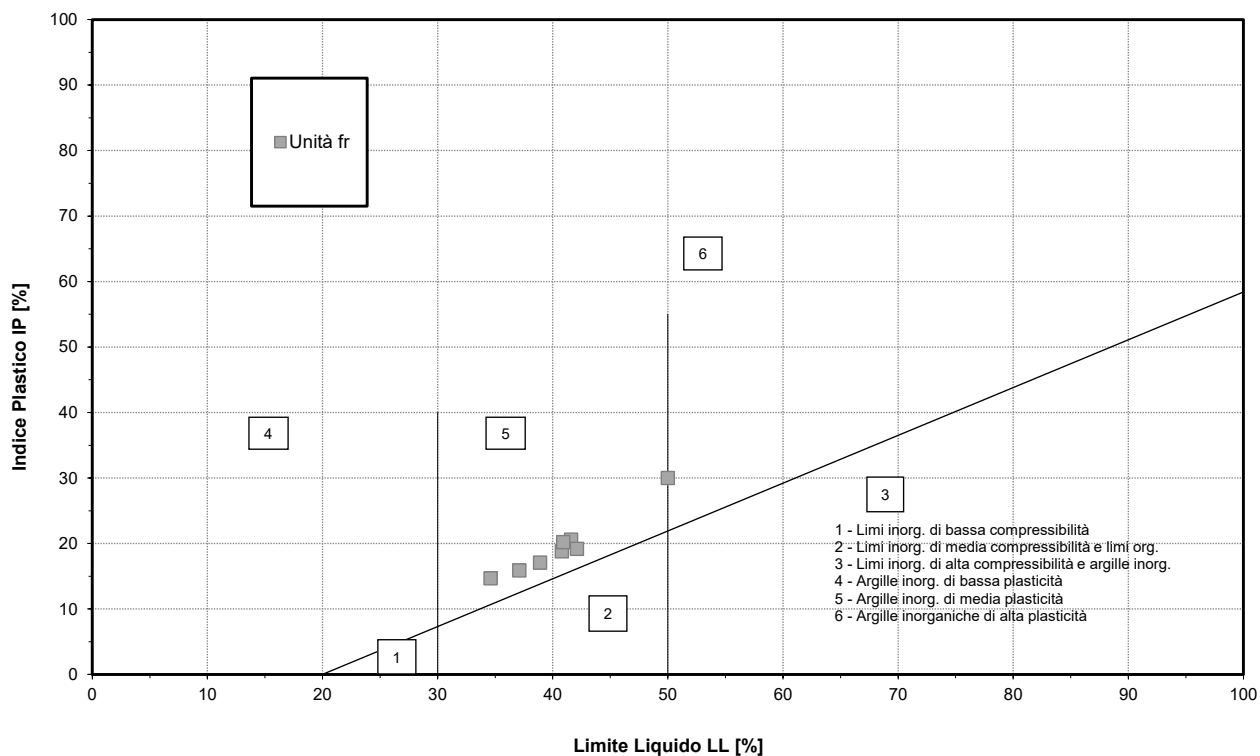


Figura 46 - Carta di plasticità di Casagrande – unità fr

Parametri di resistenza:

In laboratorio sui campioni prelevati sono state eseguite prove di resistenza che hanno dato valori dell'angolo di resistenza al taglio di picco compresi fra 19 e 31° con coesione drenata tra 13 e 99 kPa e parametri di resistenza residui caratterizzati da angolo di resistenza residuo compreso fra 16 e 22° con coesione tra 4 e 32 kPa (vedasi [Figura 47](#)). In [Figura 65](#) e [Figura 66](#) è mostrato l'andamento della resistenza al taglio e della coesione con la profondità, da [Figura 65](#) si evince che per le coltri e la formazione argillosa di base l'intervallo di variazione dell'angolo di resistenza al taglio con la profondità è uguale. In [Figura 48](#) sono riportati tutti i dati di prova nel piano delle tensioni e sono indicati i range dei valori di progetto di seguito sintetizzati:

$c' = 15 \div 25$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 20 \div 30$ °	angolo di resistenza al taglio
$c'_r = 0$ kPa	coesione drenata residua
$\varphi'_r = 17 \div 25$ °	angolo di resistenza al taglio residuo

Da **Figura 69** si osserva che c'è una buona corrispondenza fra i valori dei parametri di resistenza residua misurata e le correlazioni di letteratura con il limite liquido (per l'unità AVF il limite liquido medio è di 43%).

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

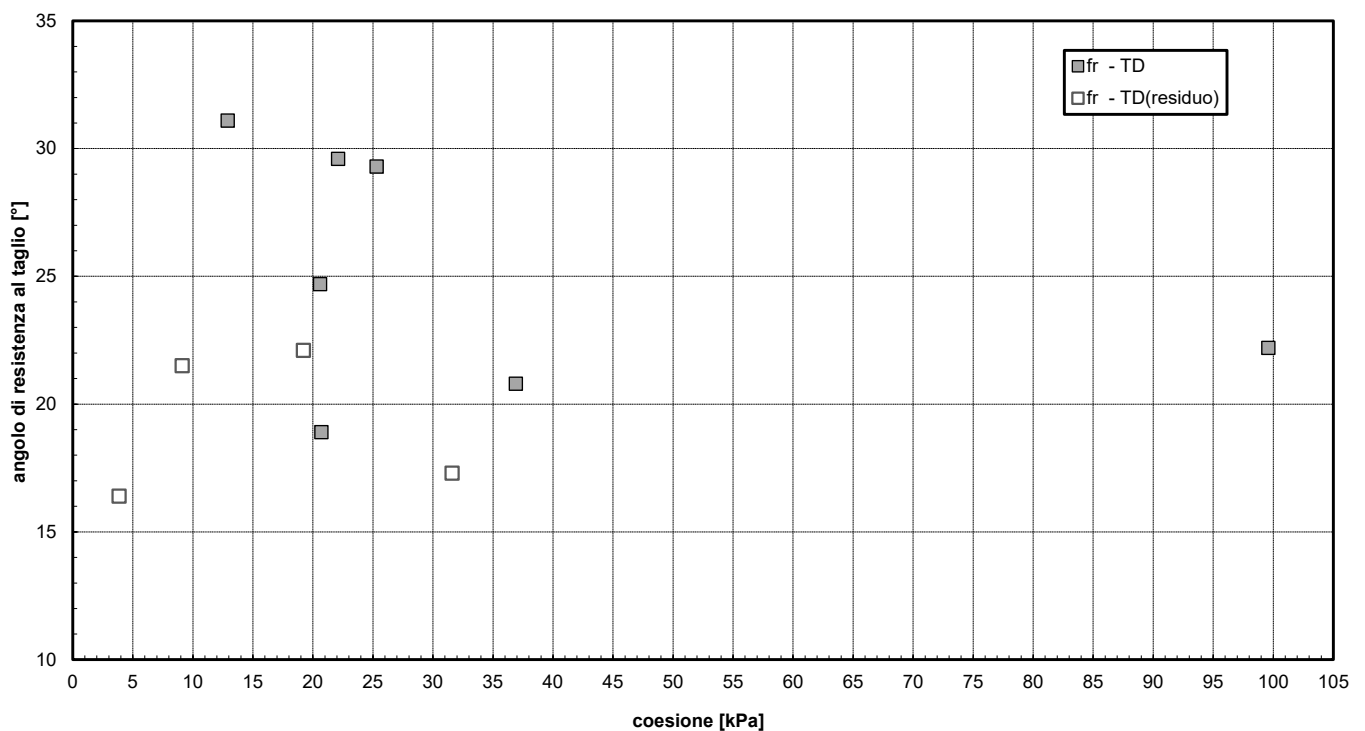


Figura 47 - Coesione drenata ed angolo di resistenza al taglio – unità fr

Parametri di resistenza al taglio - Unità fr

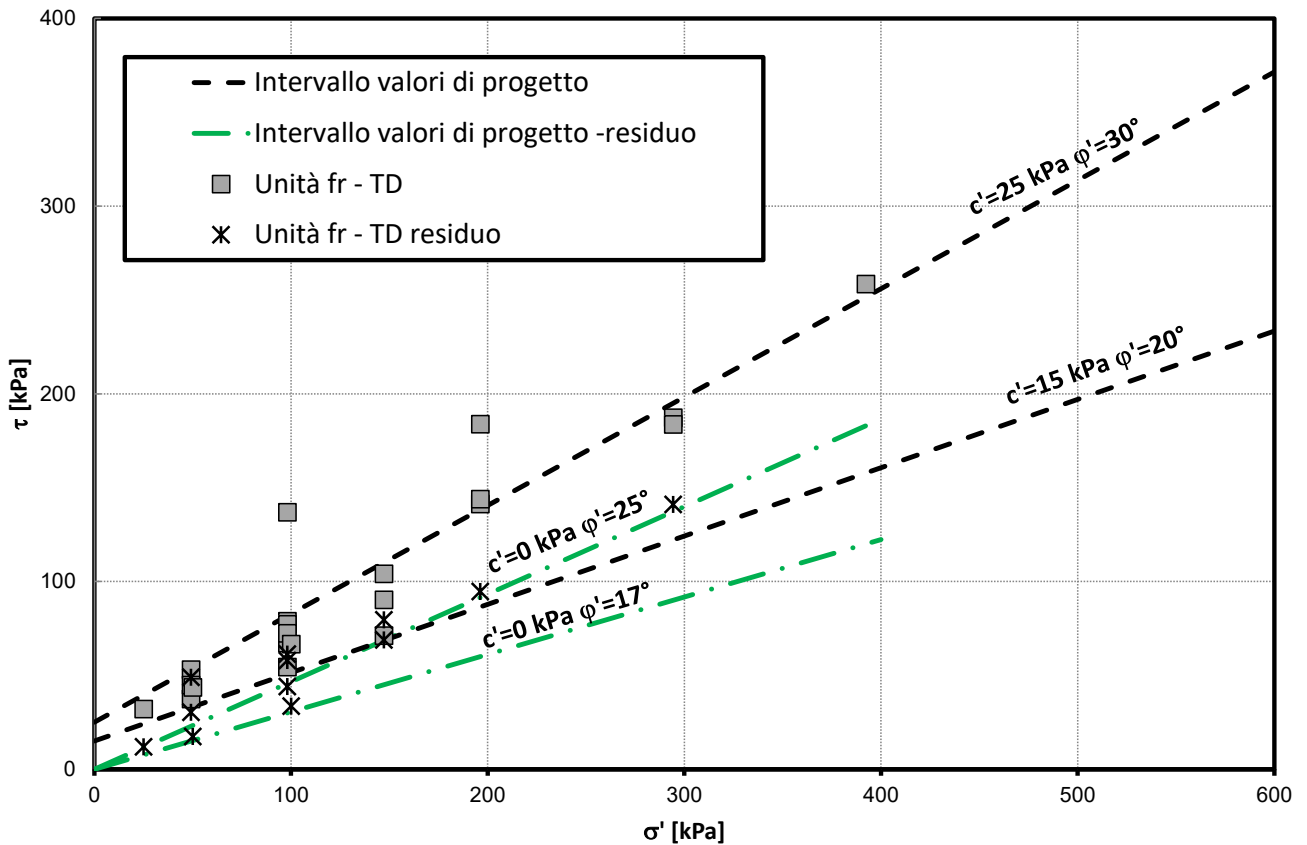


Figura 48 – Parametri di resistenza da prove di laboratorio – unità fr

In figura seguente sono riportati i valori di resistenza al taglio non drenata dall'interpretazione delle prove SPT e delle prove CPTU e dalle prove Pocket Penetrometer (vedasi [Figura 49](#)); si assume cautelativamente il range di progetto 70 ÷ 200 kPa.

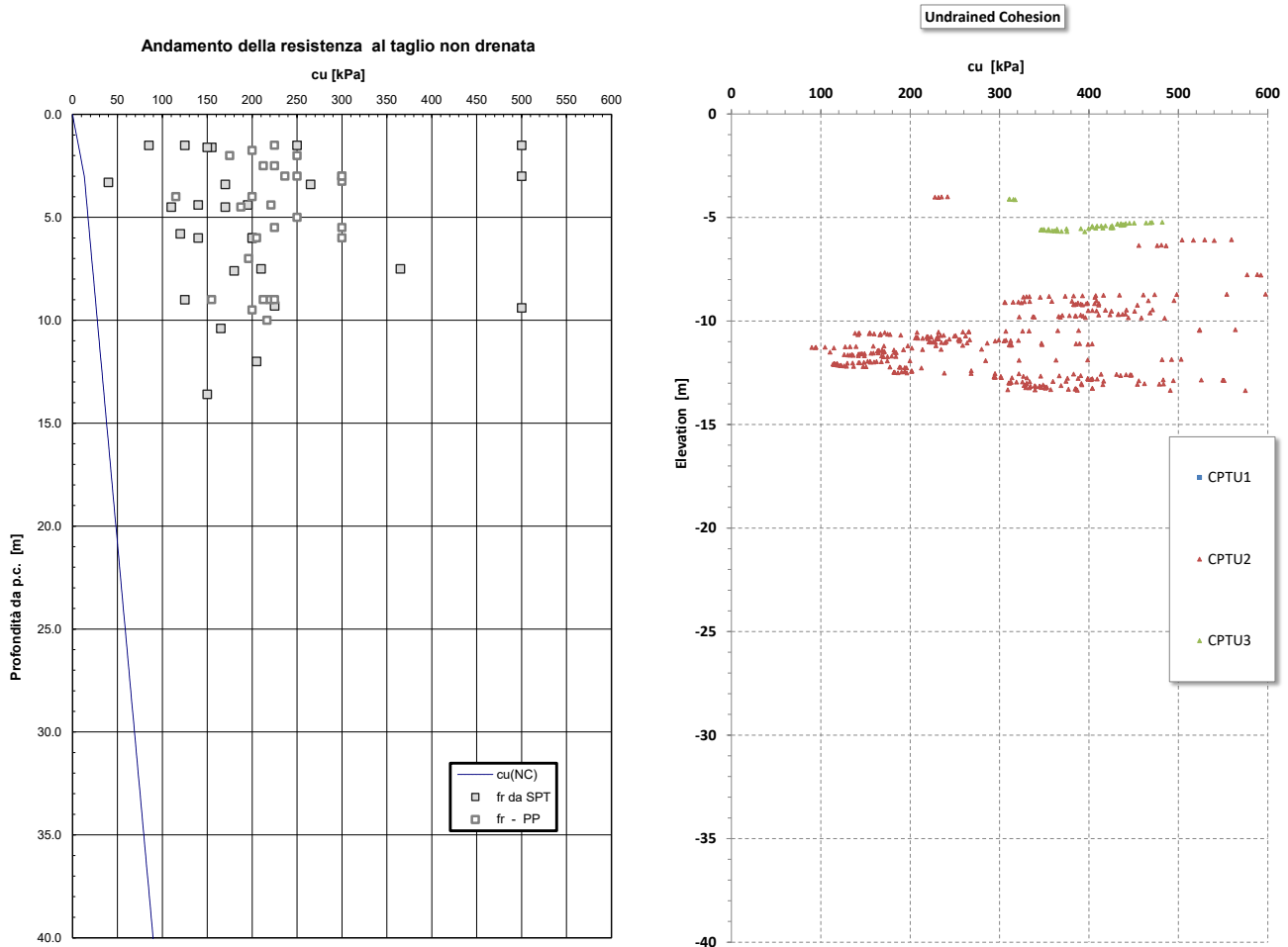


Figura 49 - Andamento della resistenza al taglio non drenata - unità fr

Parametri di deformabilità:

I parametri di deformazione sono stati stimati dai risultati delle indagini SPT e sismiche (vedasi [Figura 50](#) e [Figura 51](#)). Per l'unità in esame si stima:

$G_0 = 30 \div 160$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_0 = 80 \div 400$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Dalle prove edometriche si ha:

- il modulo edometrico è compreso fra 3.5 e 7.4 MPa per profondità di 3 m da p.c.;

- il coefficiente di consolidazione primaria c_v è $1.7E^{-06} \text{ m}^2/\text{s}$;

- la permeabilità è $4.8E^{-09} \text{ m/s}$.

Dai limiti di consistenza sulla base di correlazione empiriche si stimano i seguenti parametri di consolidazione:

$c_v = 2.7 E^{-07} \text{ m}^2/\text{s}$ (con riferimento a limite liquido medio $LL=40\%$);

$ca = 0.002$ (con riferimento a contenuto naturale d'acqua medio $W_n=16\%$).

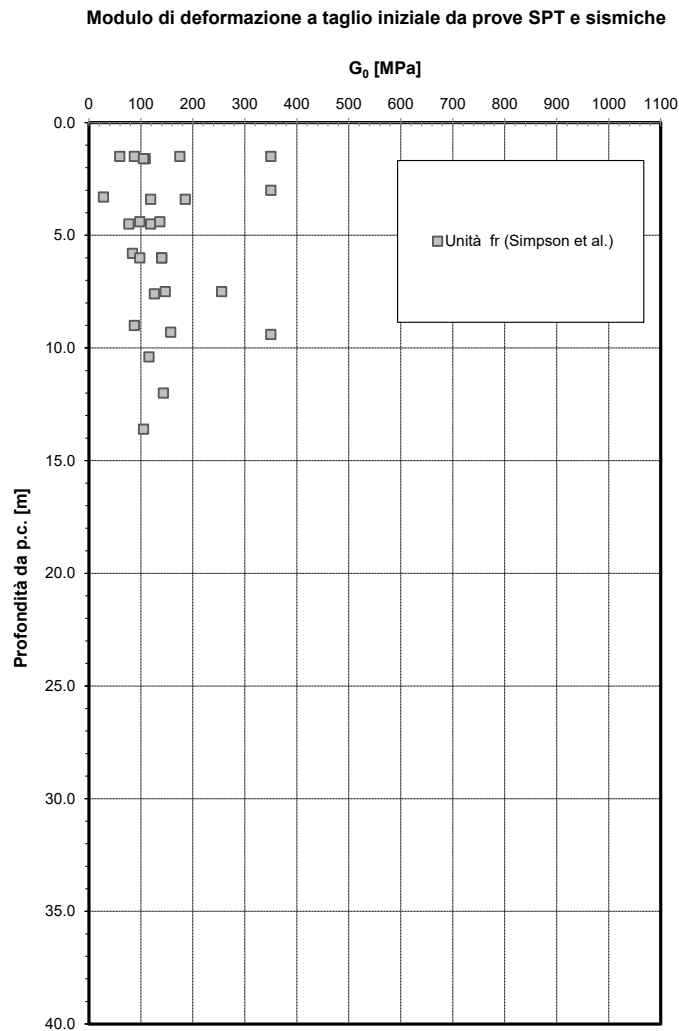


Figura 50 - Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e sismiche – unità fr

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

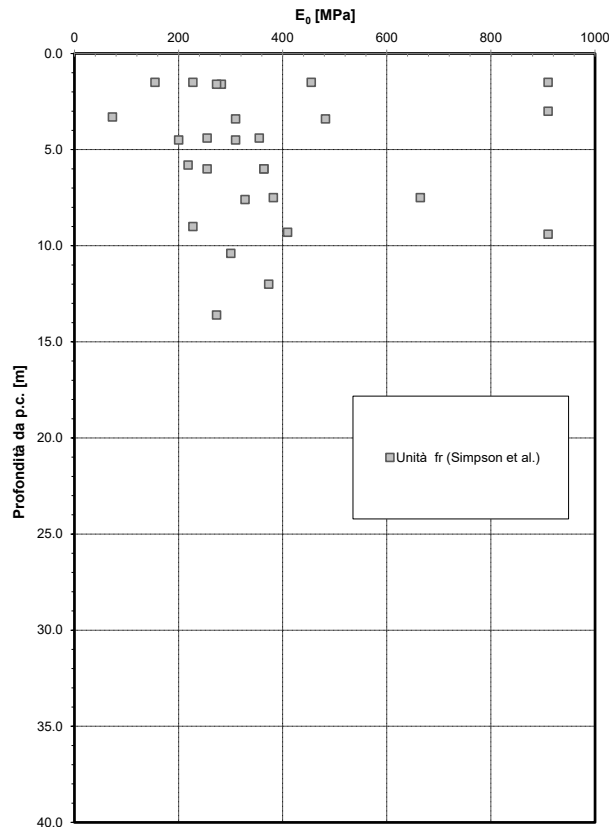


Figura 51 - Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche – unità fr

Caratteristiche di permeabilità:

Dall'interpretazione delle prove CPTU e dai risultati delle prove di permeabilità Lefranc eseguite in foro di sondaggio, per l'unità si hanno valori di permeabilità compresi tra $5E^{-08}$ e $1E^{-05}$ m/s (vedasi [Figura 52](#)).

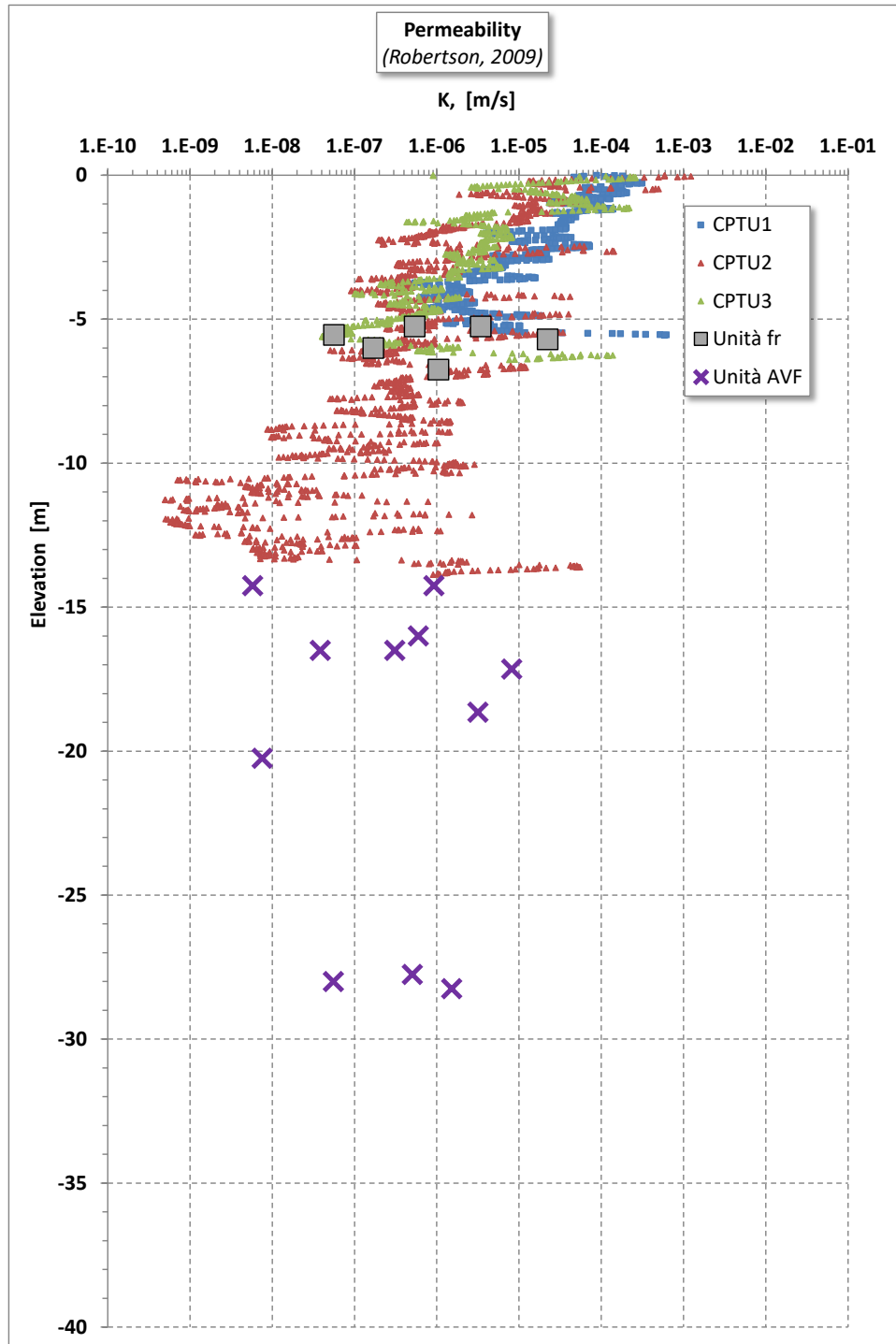


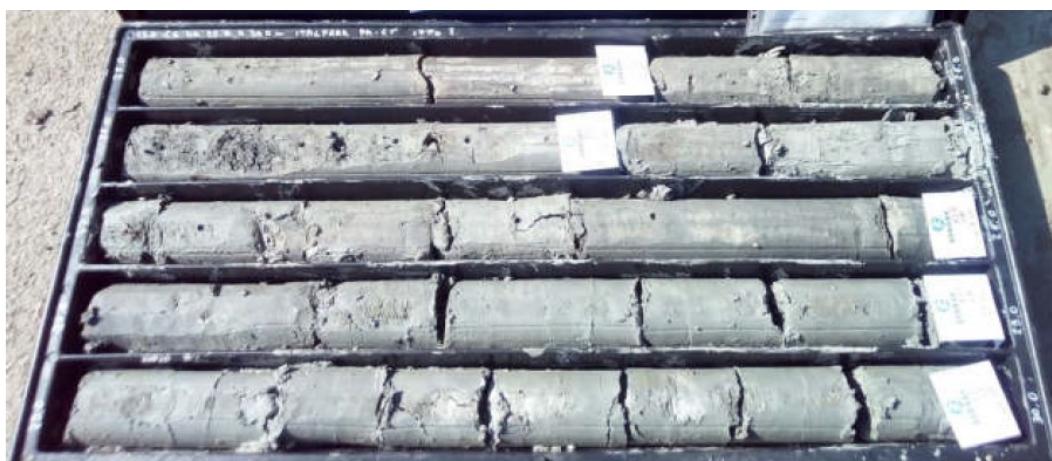
Figura 52 – Permeabilità – unità fr e unità AVF

5.7 Argille varicolori – Unità AVF

Si tratta di argille limose e argille marnose a struttura scagliosa che costituiscono la formazione del substrato predominante lungo il tracciato, intercettata al di sotto dei depositi alluvionali e delle coltri in frana fino alla massima profondità investigata.

Nei sondaggi eseguiti nel sito è stata carotata sia la facies “terrosa” costituita dalle argille limose (vedasi [Figura 53](#), [Figura 54](#), [Figura 55](#)) sia la facies litoide costituita da peliti, argilliti (vedasi [Figura 56](#), [Figura 57](#)).

In particolare la formazione in facies rocciosa costituita da peliti-siltiti, argilliti è intercettata nei sondaggi 1S2 da 34.5 a 40.0 m, 1S11 da 15.20 a 30.0 m, 1S14 da 15.0 a 40.0 m, 1S18 da 18.0 a 40.0 m, 1S11bis da 10.0 a 25.0 m.



Sondaggio n° 1S02 Cassetta Catalogatrice n° 6 da 25,00 m 30,00

Figura 53 – Foto cassetta 1S2 (da 25.0 a 30.0 m) – AVF argilla marnosa



Figura 54 – Foto cassetta 1S11bis (da 5.0 a 10.0 m) – AVF argilla marnosa



Cassetta n° 6 - profondità da m 25,00 a m 30,00

Figura 55 – Foto cassetta 1S11quat (da 25.0 a 30.0 m) – AVF argilla marnosa



Note:	DA-A	Lunghezza spezzioni carota %		
	m	L<5cm	5<L<10 cm	L>10cm
	35,00-36,00	5,00	21,00	74,00
	36,00-37,00	0,00	8,00	92,00
	37,00-38,00	5,00	0,00	95,00
	38,00-39,00	0,00	0,00	100,00
	39,00-40,00	4,00	0,00	96,00

Figura 56 – Foto cassetta 1S2 (da 35.0 a 40.0 m) – AVF peliti-siltiti



Figura 57 – Foto cassetta 1S11bis (da 10.0 a 15.0 m) – AVF argillite



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	90 di 119



Figura 58 – Foto cassetta 1S11ter (da 25.0 a 30.0 m)

Le prove SPT hanno fornito valori tra 55 colpi/30 cm e rifiuto strumentale (vedasi [Figura 59](#)), ad indicare che si tratta di una formazione molto consistente.

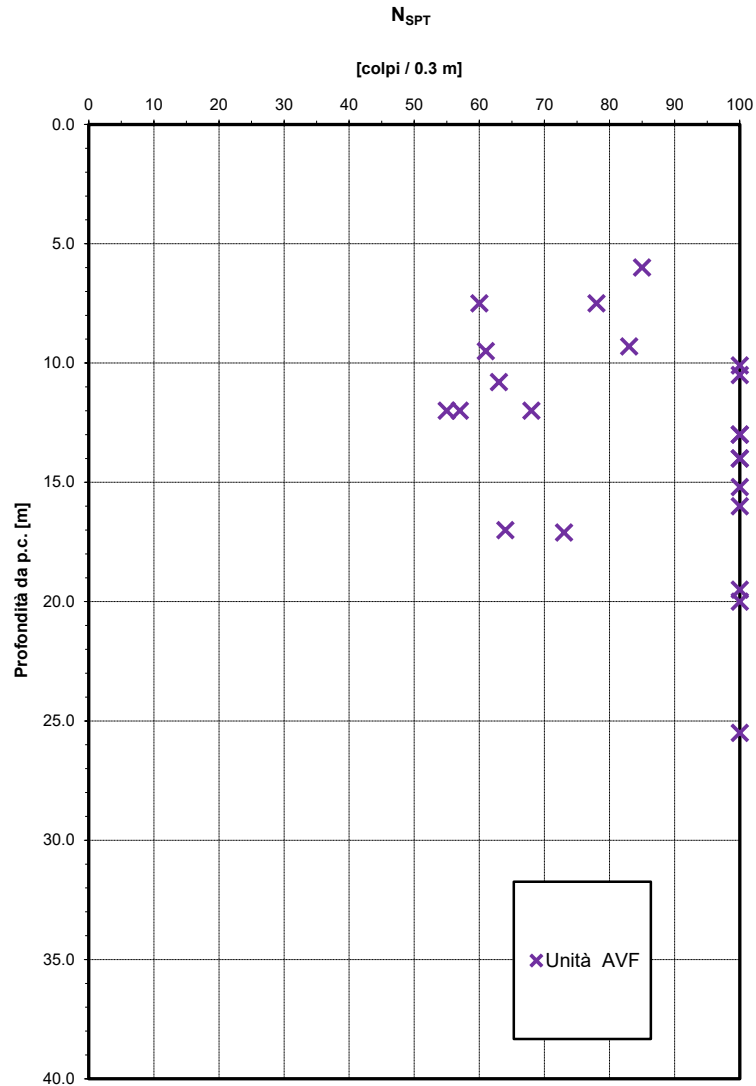


Figura 59 – N_{spt} – da prove SPT - unità AVF

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati, su cui sono state eseguite prove di laboratorio sia sui campioni di terreno, sia per i campioni litoidi.

Il peso di volume naturale è compreso tra 18.4 e 21 kN/m³ per le argille e tra 23 e 25 kN/m³ per le peliti/argilliti (facies litoide) (vedasi *Figura 60*).

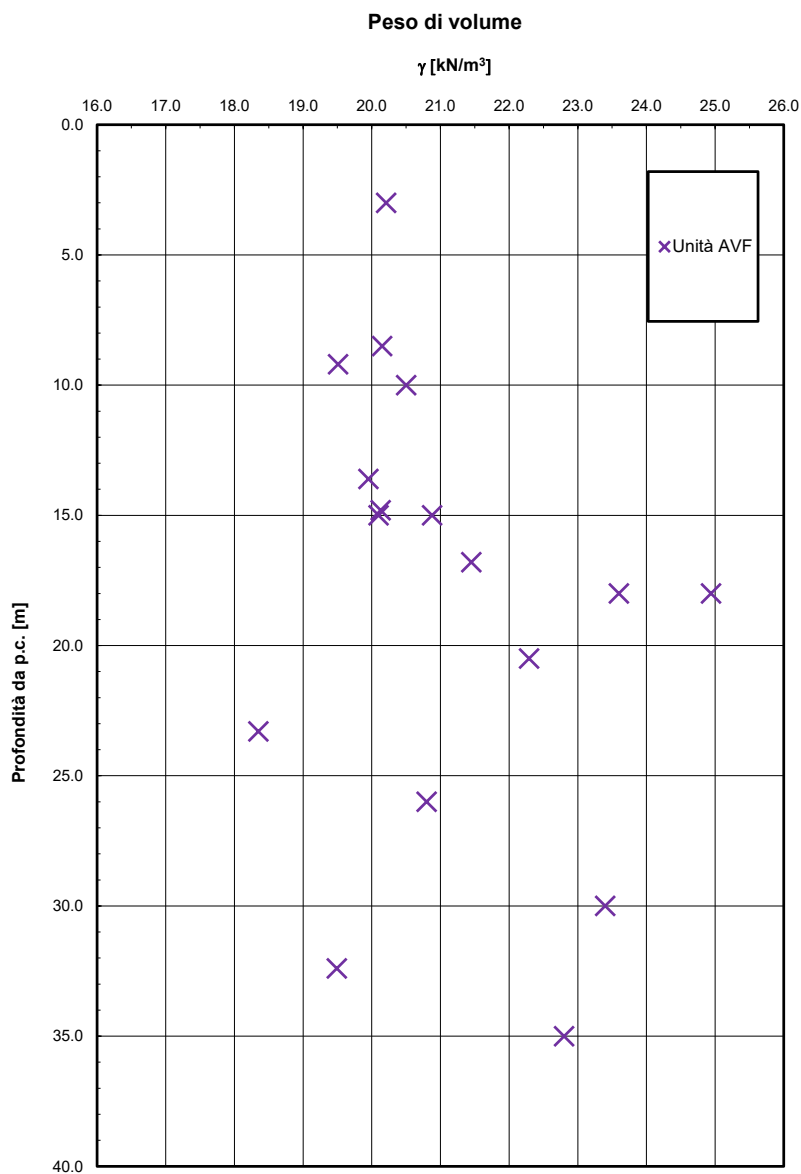


Figura 60 - Peso di volume – unità AVF

Dall'analisi granulometrica, per i campioni di terreno si ha (vedasi [Figura 61](#)):

- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 27% (media 7%);
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 5 e 32% (media 15%);

- percentuale di fine (limo+argilla) generalmente compresa fra 44 e 95% (media 77%), con percentuale di argilla compresa fra 4 e 40% (media 20%).

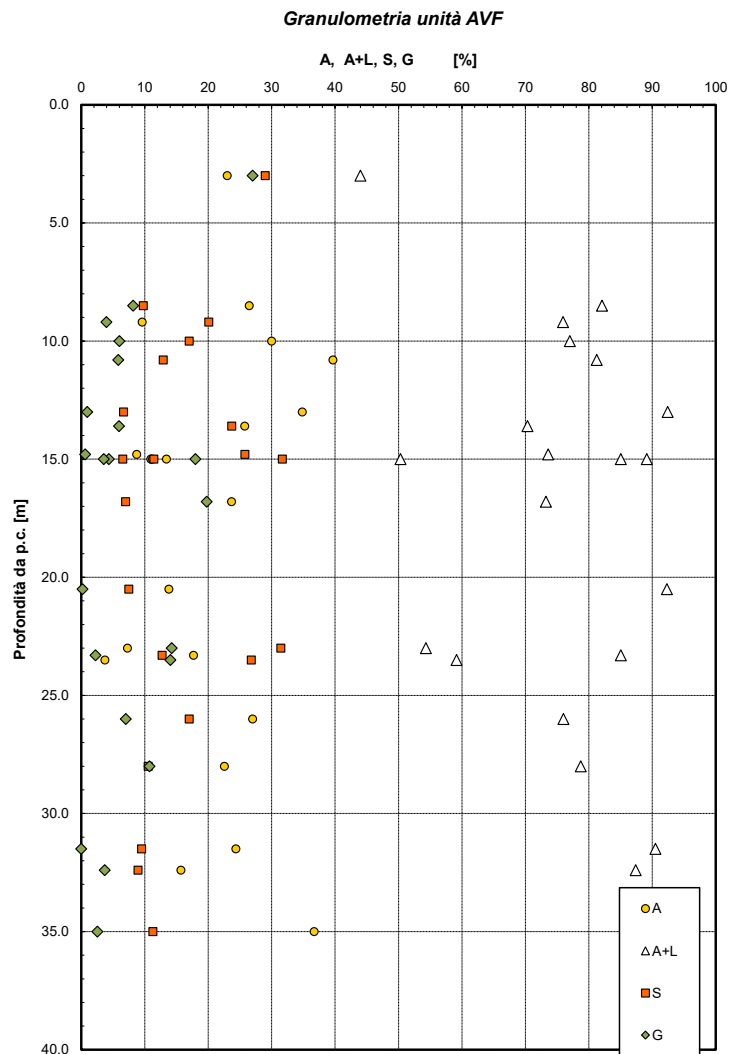


Figura 61 - Granulometria - unità AVF

Il contenuto naturale d'acqua medio è di 16%. Il limite liquido medio è di 43%, il limite plastico medio è di 22%, l'indice plastico medio è di 21% (vedasi [Figura 62](#)). L'indice di consistenza varia tra 1.0 e 1.9.

Limiti di Atterberg e contenuto naturale d'acqua

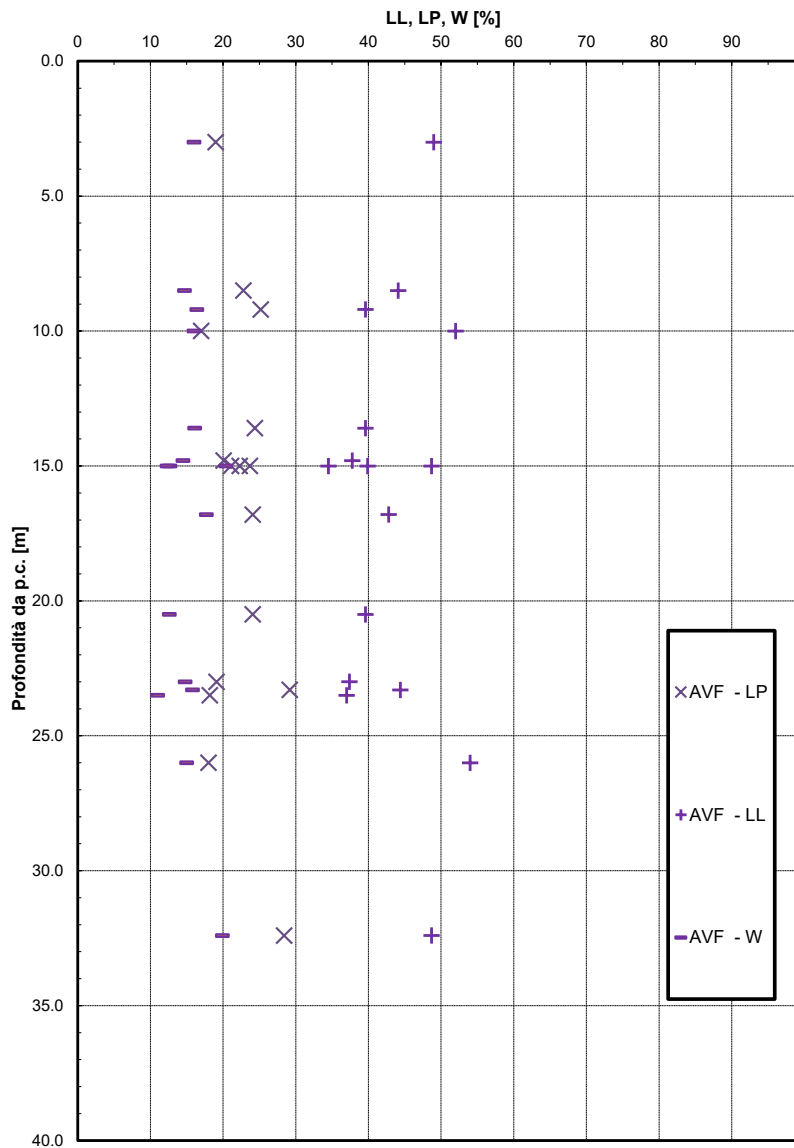


Figura 62 - Limiti di Atterberg e contenuto naturale d'acqua – unità AVF

Dalla carta di plasticità di Casagrande il materiale si colloca nella zona delle argille inorganiche di medio-alta plasticità (vedasi [Figura 63](#)).

Carta di Plasticità di Casagrande

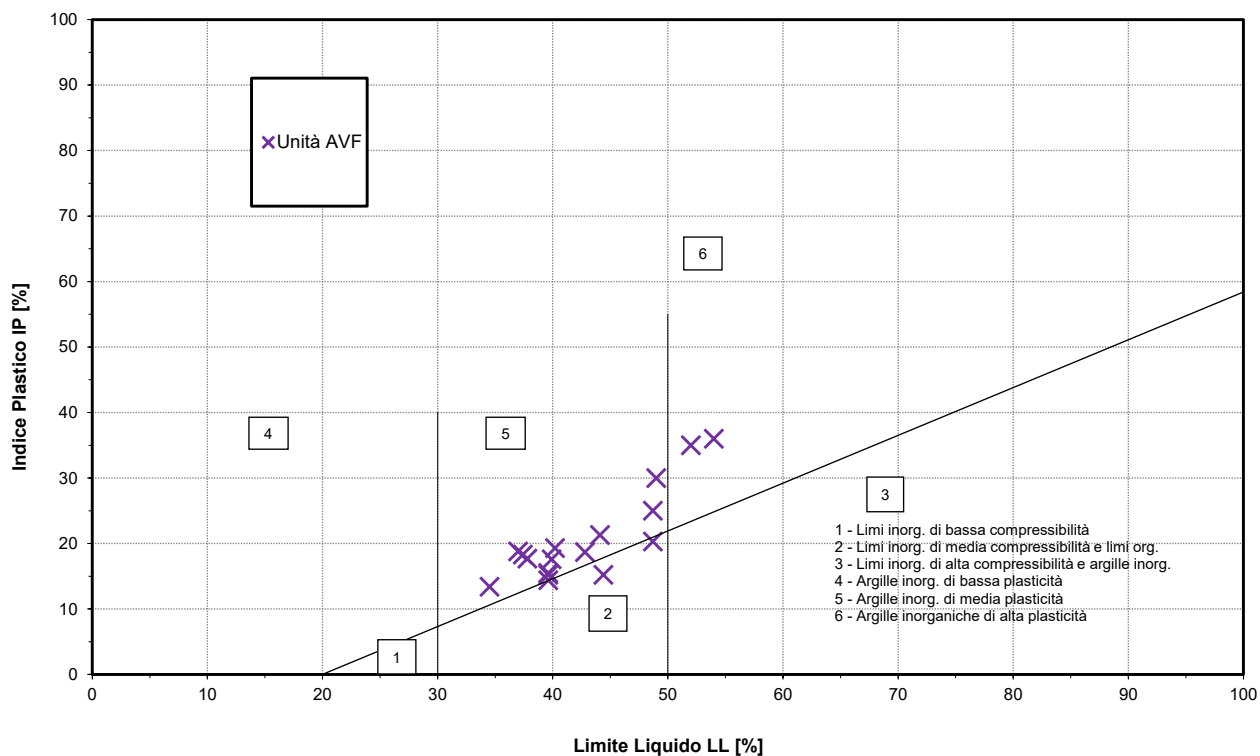


Figura 63 - Carta di plasticità di Casagrande – unità AVF

Parametri di resistenza

In laboratorio sui campioni prelevati sono state eseguite prove di taglio diretto che hanno dato valori dell'angolo di resistenza al taglio di picco compresi fra 15 e 30° con coesione drenata tra 7 e 65 kPa e residui compresi fra 15 e 26° con coesione drenata tra 1 e 5 kPa (vedasi [Figura 64](#)). In [Figura 65](#) e [Figura 66](#) è mostrato l'andamento della resistenza al taglio e della coesione con la profondità; da queste figure si osserva che per i terreni coesivi della coltre che ha già subito movimento (unità fr) e del substrato (unità AVF) l'intervallo dei parametri è lo stesso per le due formazioni con tutta la profondità indagata. Questo è probabilmente riconducibile al fatto che per la coltre si tratta di un movimento quiescente molto pregresso e il materiale interessato è quello della formazione di base argilloso marnosa che quindi è caratterizzato anche da caratteristiche fisiche assolutamente simili.

Da [Figura 69](#) si osserva che c'è una buona corrispondenza fra i valori dei parametri di resistenza residua misurata e le correlazioni di letteratura con il limite liquido (per l'unità AVF il limite liquido medio è di 43%).

In **Figura 68** sono riportati tutti i dati di prova nel piano delle tensioni e sono indicati i range dei valori di progetto di seguito sintetizzati:

- | | |
|---------------------------------|--|
| $c' = 15 \div 25$ kPa | coesione drenata |
| $\varphi' = 20 \div 30^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |
| $c'_r = 0$ kPa | coesione drenata residua |
| $\varphi'_r = 17 \div 25^\circ$ | angolo di resistenza al taglio residuo |

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

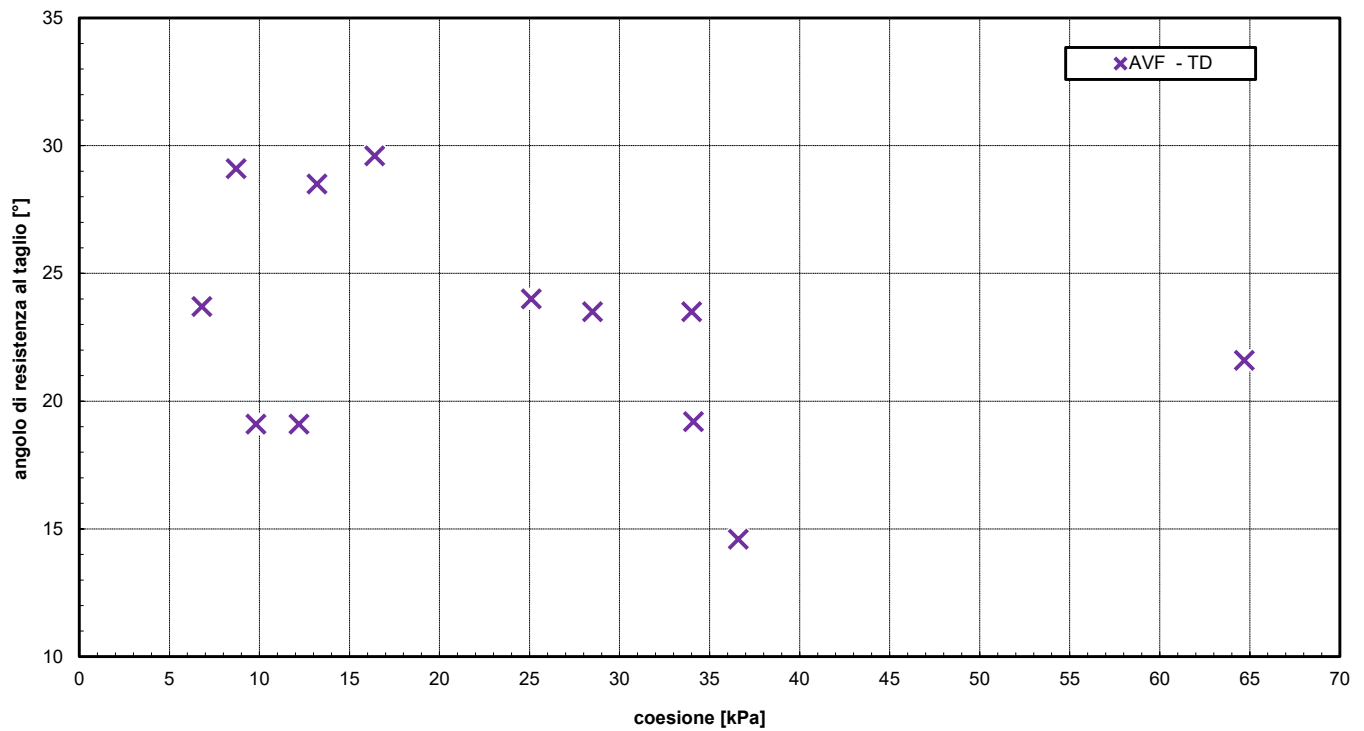


Figura 64 - Coesione drenata ed angolo di resistenza al taglio – unità AVF

Andamento della resistenza al taglio con la profondità

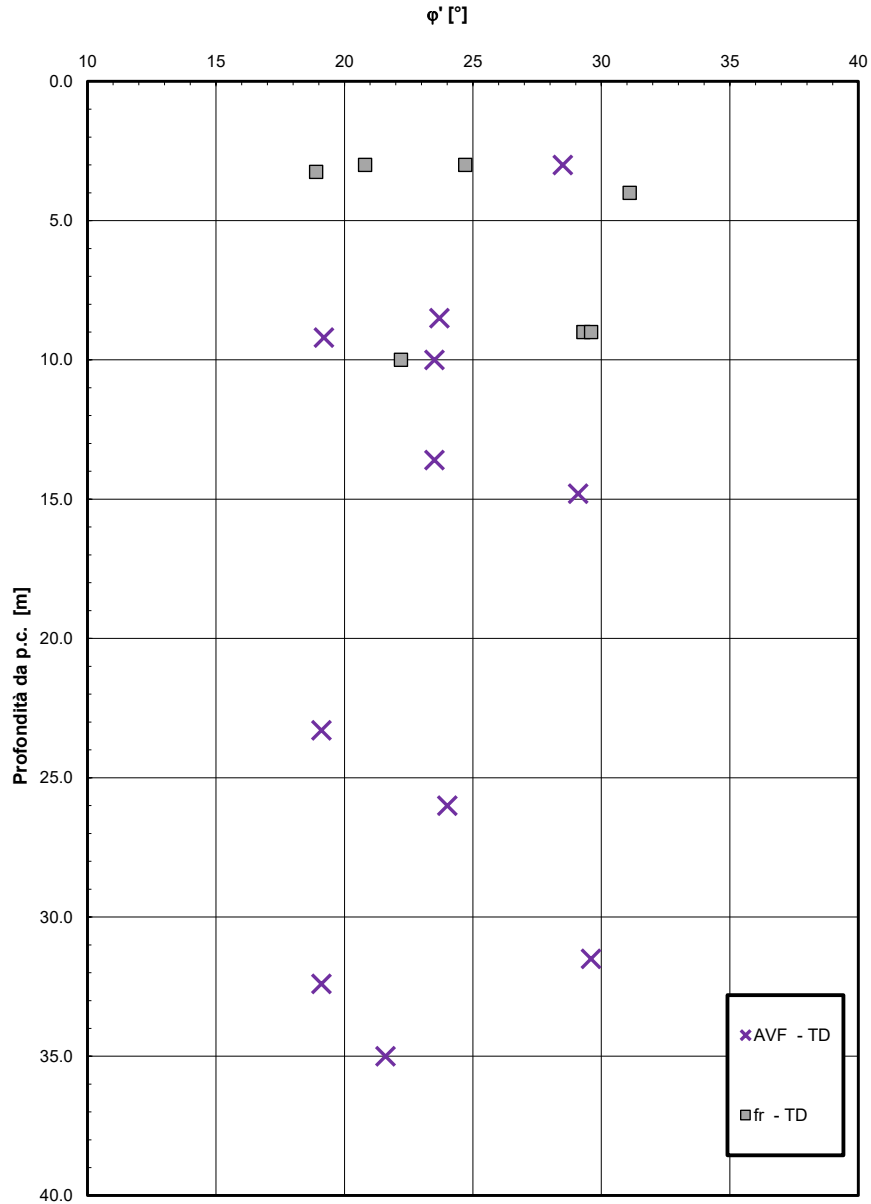


Figura 65 – Andamento angolo di resistenza al taglio con la profondità – unità AVF e unità fr

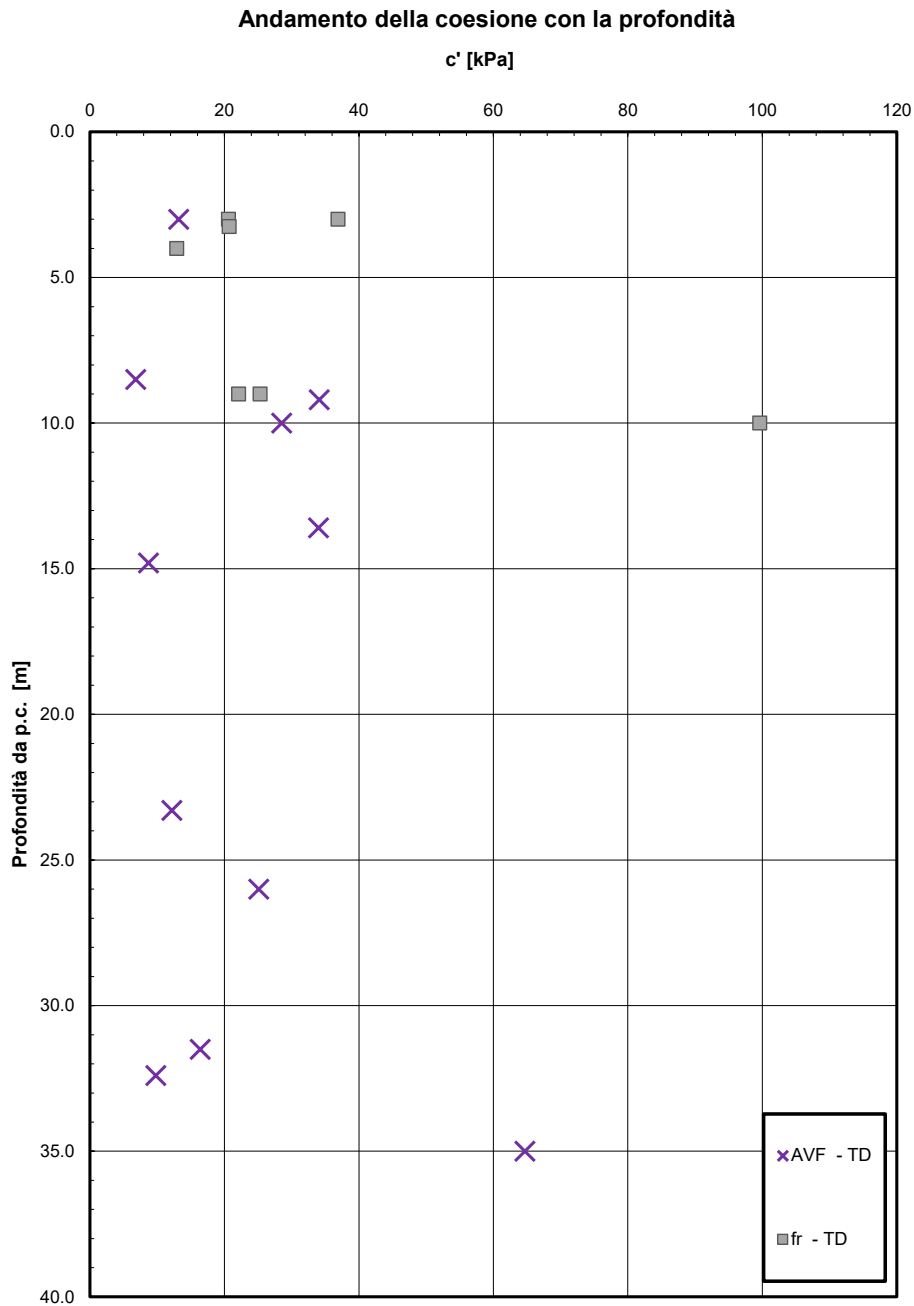


Figura 66 – Andamento della coesione drenata con la profondità – unità AVF e unità fr



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	99 di 119

Angolo di resistenza al taglio e indice di plasticità (Jamiolkowski et al., 1979)

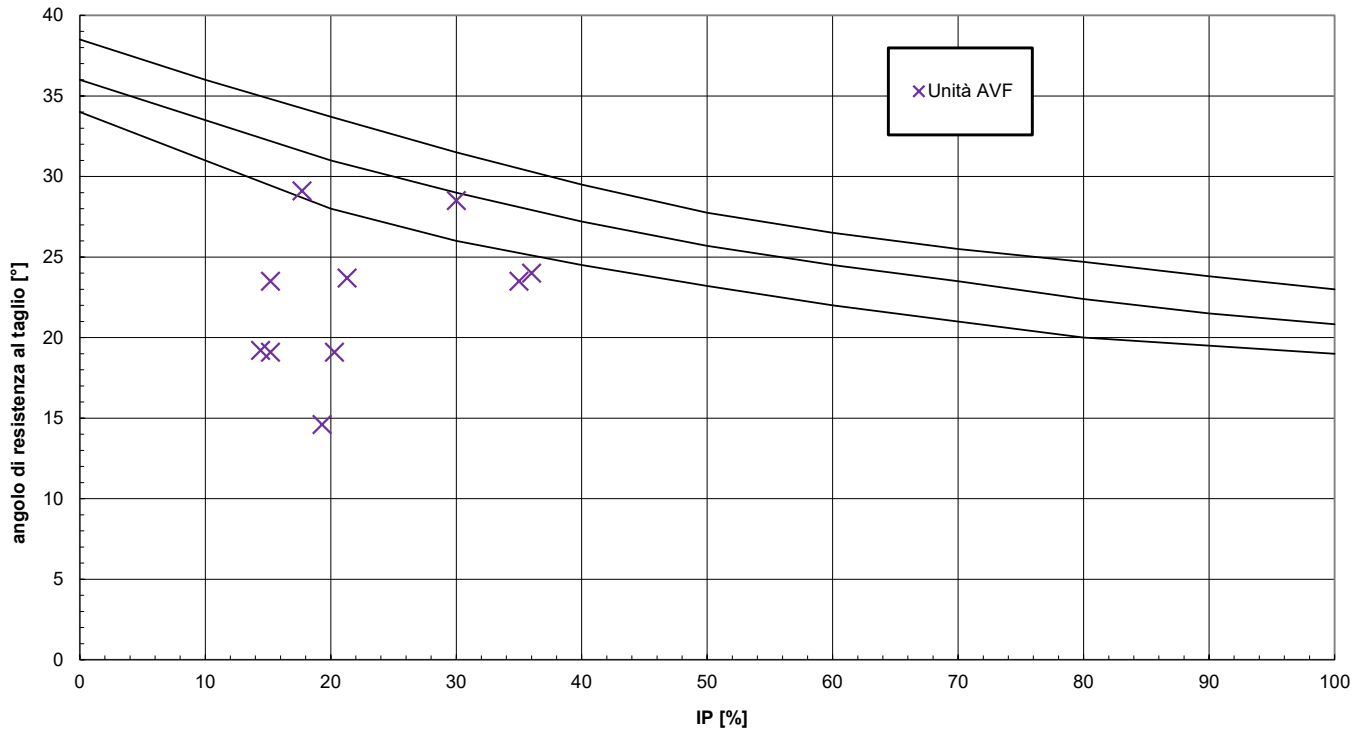


Figura 67 - Angolo di resistenza al taglio e indice di plasticità

Parametri di resistenza al taglio - Unità AVF

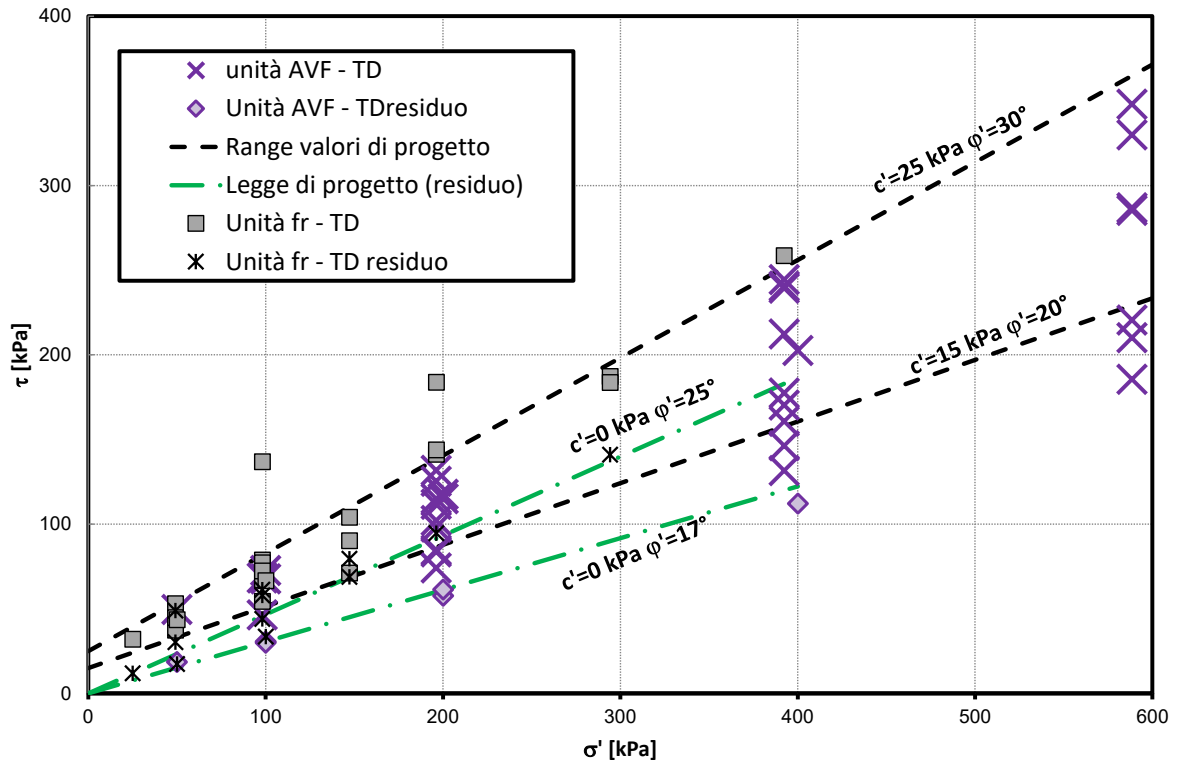


Figura 68 - Parametri di resistenza al taglio - unità AVF

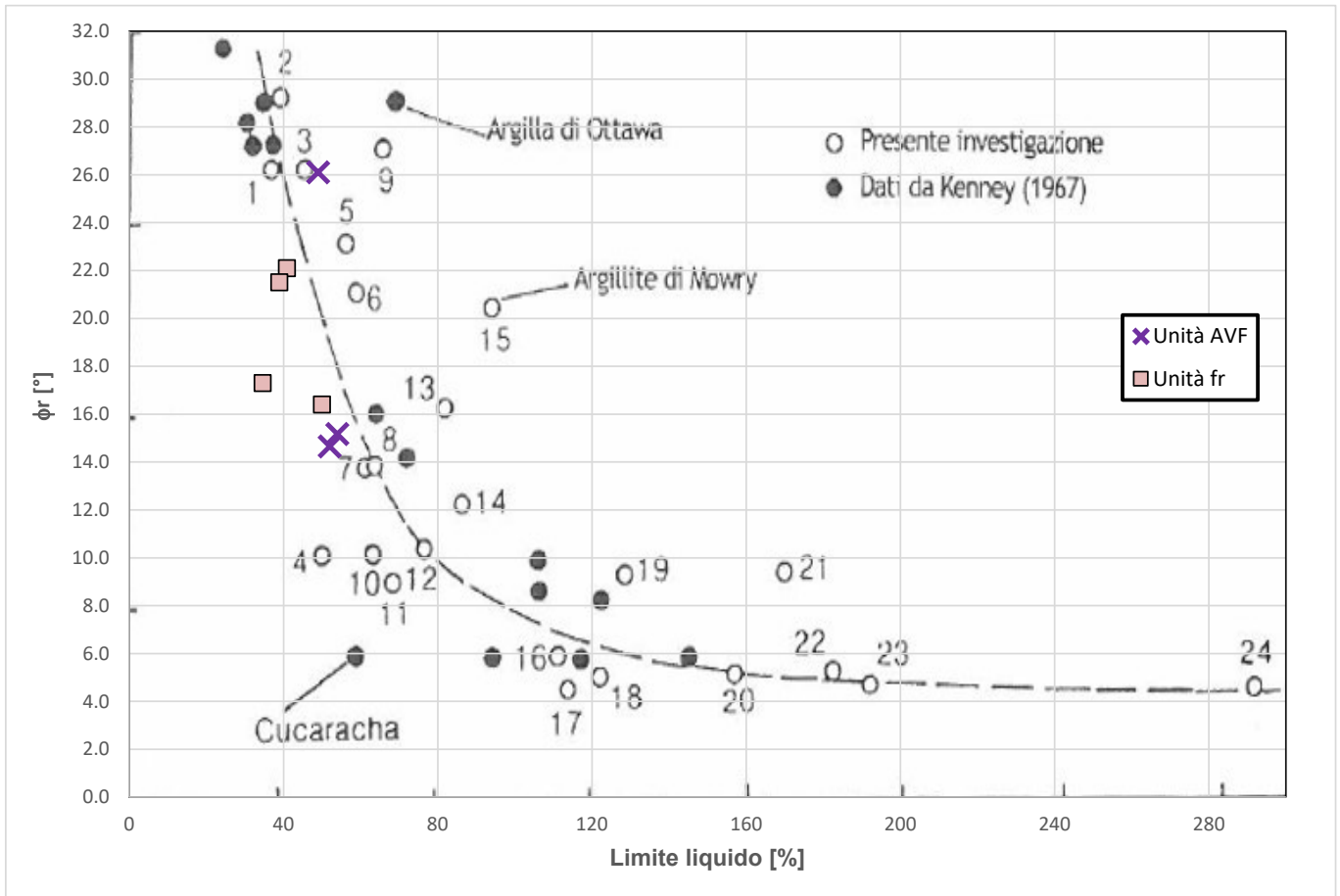


Figura 69 - Angolo di resistenza al taglio residuo e limite liquido

In **Figura 70** sono riportati i valori di resistenza al taglio non drenata dall'interpretazione delle prove SPT, dalle prove Pocket Penetrometer e dalla stima delle prove pressiometriche e dilatometriche. Si assume in progetto il seguente range di valori di resistenza al taglio non drenata: 100 ÷ 300 kPa.

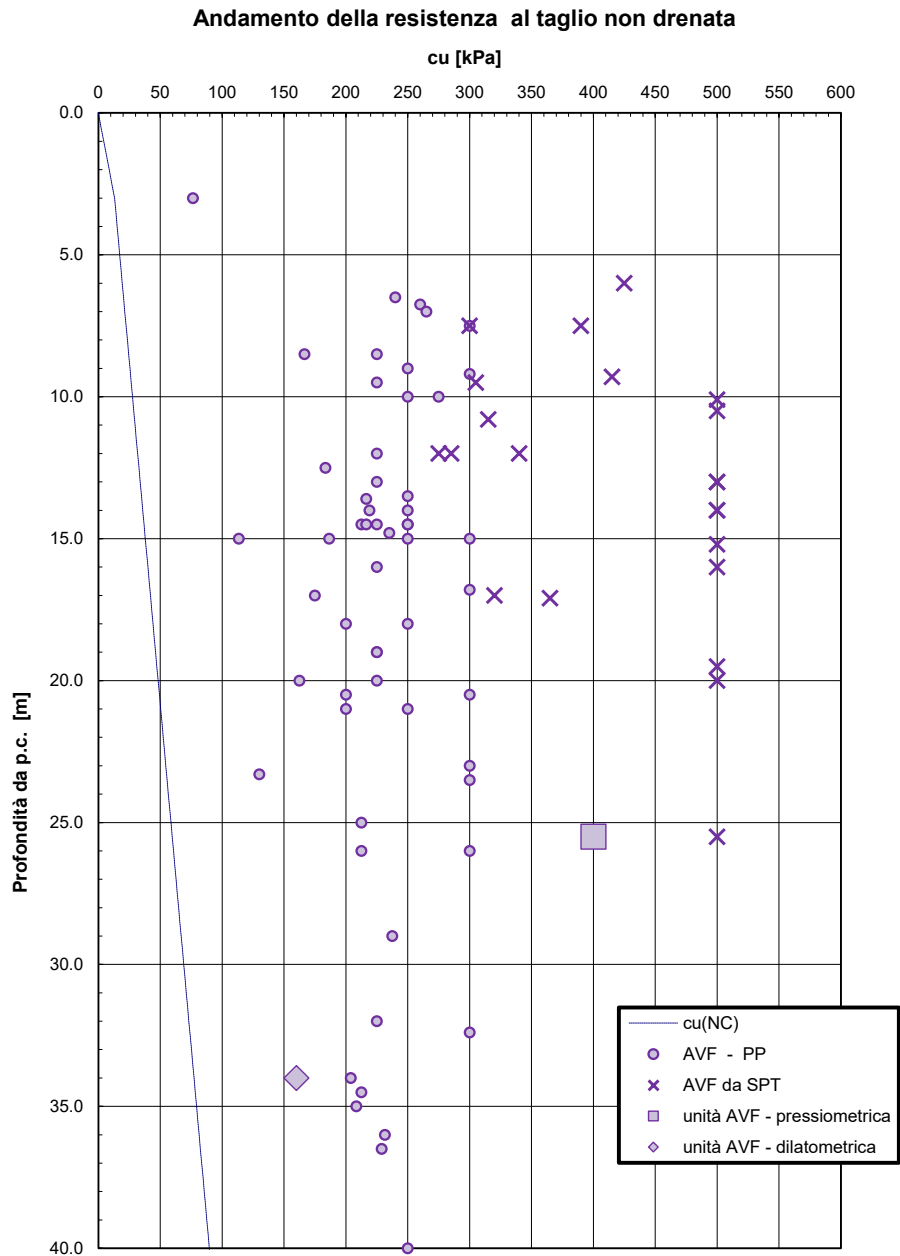


Figura 70 - Andamento della resistenza al taglio non drenata - unità AVF



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	103 di 119

Per la facies litoide si riepilogano in tabella seguente i risultati delle prove di laboratorio:

Lit	Sond.	Camp.	tipo	Prof. [m]	Unità stratigr.	γ_{nat} [kN/m ³]	$I_{s(50)}$
pelite	1S18	RC2	rim	25.00	AVF		0.03
siltite	1S11	RC1	ind	18.00	AVF	24.94	0.13
siltite	1S14	RC3	ind	18.00	AVF	23.60	0.05
siltite	1S14	RC4	ind	30.00	AVF	23.40	0.10
siltite	1S14	RC5	ind	35.00	AVF	22.80	0.05

Con riferimento al sondaggio 1S14 nella tabella seguente si riepiloga la caratterizzazione geomeccanica da certificato stratigrafico per stimare i valori di GSI della formazione.

Sond.	Profondità [m]	Column1	so [Mp ⁻¹]	P1	RQD %	P2	spaziatura discontinuità	P3	P4.1	P4.2	P4.3	P4.4	P4.5	P4	venute acqua	P5	P6	RMR	GSI	Unità
	da	a							continuità	apertura	scabrezza	riempimento	alterazione							
1S14	15.00	16.00	1	1	100	20	0.2-0.6m	10	4	1	5	6	3	19	no	15	0	65	60	AVF
1S14	16.00	17.00	1	1	88	17	60-200mm	8	4	6	3	6	5	24	no	15	0	65	60	AVF
1S14	17.00	18.00	1	1	80	17	0.2-0.6m	10	4	6	1	6	5	22	no	15	0	65	60	AVF
1S14	18.00	19.00	1	1	84	17	0.2-0.6m	10	4	6	5	6	3	24	no	15	0	67	62	AVF
1S14	19.00	20.00	1	1	88	17	60-200mm	8	4	6	5	6	3	24	no	15	0	65	60	AVF
1S14	20.00	21.00	1	1	100	20	0.2-0.6m	10	4	6	1	4	1	16	no	15	0	62	57	AVF
1S14	21.00	22.00	1	1	88	17	60-200mm	8	4	6	5	6	3	24	no	15	0	65	60	AVF
1S14	22.00	23.00	1	1	87	17	60-200mm	8	4	6	5	6	3	24	no	15	0	65	60	AVF
1S14	23.00	24.00	1	1	100	20	0.2-0.6m	10	4	6	3	4	5	22	no	15	0	68	63	AVF
1S14	24.00	25.00	1	1	100	20	0.2-0.6m	10	4	6	6	6	5	27	no	15	0	73	68	AVF
1S14	25.00	26.00	1	1	100	20	60-200mm	8	4	6	3	6	5	24	no	15	0	68	63	AVF
1S14	26.00	27.00	1	1	100	20	0.2-0.6m	10	4	6	5	6	5	26	no	15	0	72	67	AVF
1S14	27.00	28.00	1	1	80	17	0.2-0.6m	10	4	4	5	6	5	24	no	15	0	67	62	AVF
1S14	28.00	29.00	1	1	83	17	0.2-0.6m	10	4	6	3	6	3	22	no	15	0	65	60	AVF
1S14	29.00	30.00	1	1	84	17	60-200mm	8	4	6	3	6	5	24	no	15	0	65	60	AVF
1S14	30.00	31.00	1	1	63	13	60-200mm	8	4	6	3	2	3	18	no	15	0	55	50	AVF
1S14	31.00	32.00	1	1	82	17	60-200mm	8	4	4	5	6	3	22	no	15	0	63	58	AVF
1S14	32.00	33.00	1	1	74	13	60-200mm	8	4	4	3	6	3	20	no	15	0	57	52	AVF
1S14	33.00	34.00	1	1	82	17	60-200mm	8	4	4	5	6	3	22	no	15	0	63	58	AVF
1S14	34.00	35.00	1	1	100	20	60-200mm	8	4	4	3	2	3	16	no	15	0	60	55	AVF
1S14	35.00	36.00	1	1	63	13	60-200mm	8	4	4	3	2	3	16	no	15	0	53	48	AVF
1S14	36.00	37.00	1	1	90	17	60-200mm	8	4	6	3	6	5	24	no	15	0	65	60	AVF
1S14	37.00	38.00	1	1	100	20	0.2-0.6m	10	4	4	3	6	5	22	no	15	0	68	63	AVF
1S14	38.00	39.00	1	1	100	20	60-200mm	8	4	4	5	6	3	22	no	15	0	66	61	AVF
1S14	39.00	40.00	1	1	100	20	60-200mm	8	4	6	5	6	3	24	no	15	0	68	63	AVF

GSI	AVF
min	48
max	68
medio	60

La caratterizzazione geomeccanica dell'unità AVF facies litoide è stata eseguita con il programma "RocLab (Rocscience)" considerando il criterio di rottura di Hoek e Brown (2002), valutando lo stato tensionale di riferimento in sito ed i parametri geomeccanici desunti dalle indagini (GSI, σ_c). Si è assunto:

$$m_i = 7,$$

$$MR = 200 \text{ da cui } E_i = MR \cdot \sigma_c;$$

un coefficiente di disturbo pari a $D = 0.5$.

Quindi con riferimento a:

$$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3 \text{ peso di volume naturale}$$

$$GSI = 60$$

$$\sigma_c = 1.1 \text{ MPa resistenza a compressione monoassiale media valutata cautelativamente come } \sigma_c = I_{s,50} \cdot 16$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	104 di 119

Da cui si ottengono i seguenti parametri con riferimento a profondità tra 15 e 25 m da p.c. (in accordo alle seguenti figure):

$c' = 45\div 66$ kPa coesione drenata

$\varphi' = 23\div 28^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$E = 60\div 140$ MPa modulo di deformazione

Da prove dilatometriche è stato ottenuto un modulo dilatometrico di 140 MPa nella facies litoide (1S15).

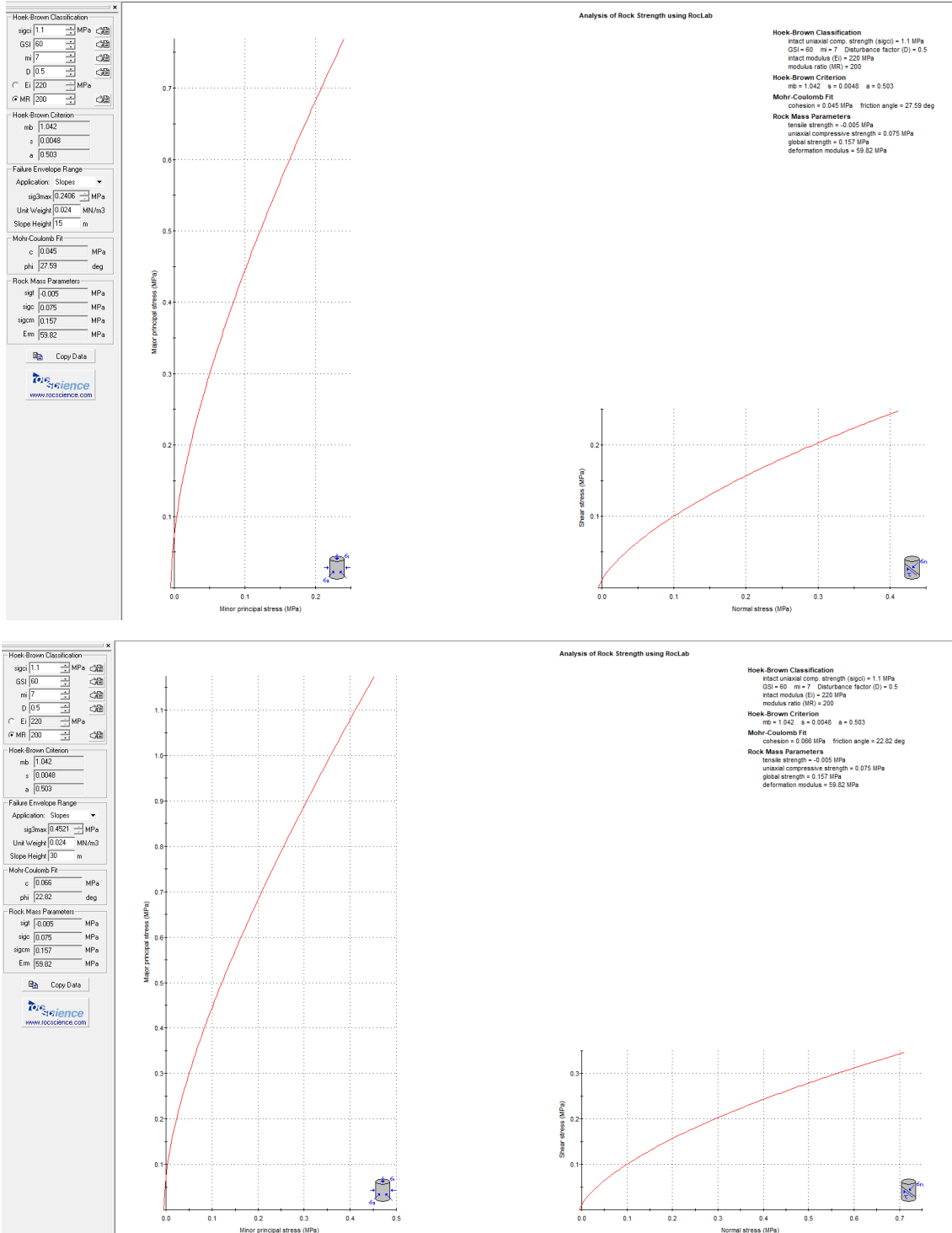


Figura 71 – Caratterizzazione geomeccanica – unità AVF facies lietoide (argillite/pelite)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02												
Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS90</td> <td>00</td> <td>Y 78 GE</td> <td>GE0006 001</td> <td>A</td> <td>106 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	106 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	106 di 119								

Parametri di deformabilità:

Nella seguente figura si riportano i parametri di deformazione dell'unità stati stimati dai risultati delle indagini SPT e dalle sismiche (vedasi *Figura 72* e *Figura 73*). Per l'unità in esame si stima:

$G_0 = 200 \div 400$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_0 = 500 \div 980$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Dalle prove edometriche di laboratorio si ha:

- il modulo edometrico è compreso fra 4 e 5 MPa per profondità tra 8.5 e 10 m.

- il coefficiente di consolidazione primaria c_v è $1.7E^{-07} \div 1.1 E^{-06}$ m²/s;

- la permeabilità è $3E^{-10} \div 3E^{-09}$ m/s.

Dai limiti di consistenza sulla base di correlazione empiriche si stimano i seguenti parametri di consolidazione:

$c_v = 2.7 E^{-07}$ m²/s (con riferimento a limite liquido medio LL=43%);

$c_a = 0.002$ (con riferimento a contenuto naturale d'acqua medio $W_n=16\%$).

Da prova pressiométrica eseguita nelle argille a 25.5 m di profondità del sondaggio 1S11sept, si è ottenuto un modulo pressiométrico di 52 MPa.

Da prove dilatometriche sono stati ottenuti valori del modulo dilatometrico di 16 MPa nella facies terrosa e 140 MPa nella facies litoide (1S15) in linea con i valori stimati in *Figura 71*.

Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e sismiche

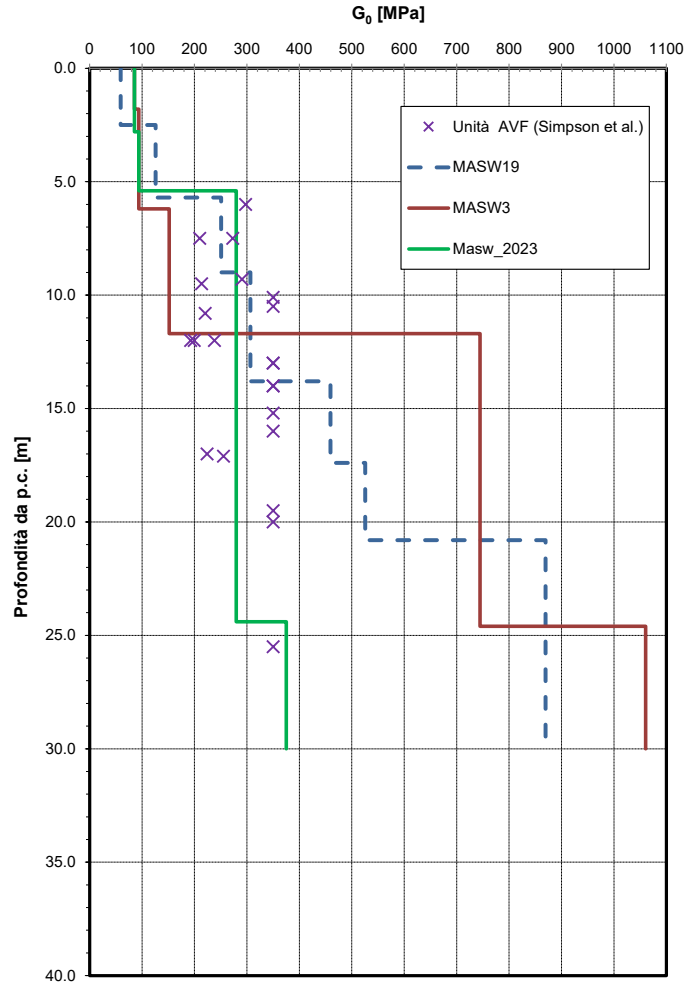


Figura 72 - Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e sismiche – unità AVF

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

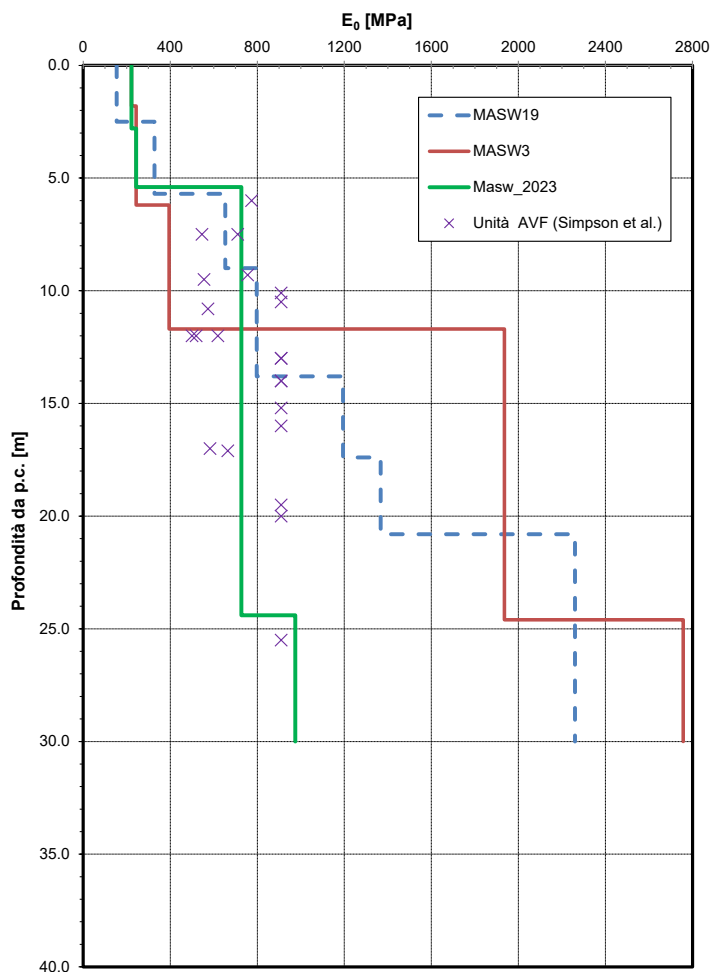


Figura 73 - Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche – unità AVF

Caratteristiche di permeabilità:

Dall'interpretazione delle prove CPTU e dai risultati delle prove di permeabilità Lefranc eseguite in foro di sondaggio, per l'unità si hanno valori di permeabilità compresi tra $5E^{-09}$ e $5E^{-06}$ m/s (vedasi [Figura 52](#)).

5.8 Formazione di Polizzi – Unità POZ

Si tratta di calcari e calcari marnosi della formazione di Polizzi che sono stati intercettati intercalati alle argille marnose (sondaggio 1S11ter).



Figura 74 – Foto cassetta 1S11ter (da 10.0 a 15.0 m)

Le prove SPT eseguite nell'unità sono tutte a rifiuto strumentale.

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati campioni su cui sono state eseguite prove di laboratorio, i cui risultati sono sintetizzati nella seguente tabella.

Sond.	tipo	Prof. [m]	Unità stratigr.	γ_{nat} [kN/m ³]	$I_{s(50)}$	σ_c (MPa)	Et [MPa]	Es [MPa]
1S11bis	ind	26.50	POZ	26.04		10.10	3812	3659
1S11ter	ind	17.50	POZ	24.70	0.18	2.88		

Il peso di volume naturale è fra 24.7 e 26.0 kN/m³.

E' disponibile una prova Point Load Test da cui si è ottenuto un valore di I_s di 0.18 MPa, da cui è possibile stimare la resistenza a compressione della roccia di 2.9 MPa (considerando un fattore moltiplicativo di 16 per il calcare).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02												
Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS90</td> <td>00</td> <td>Y 78 GE</td> <td>GE0006 001</td> <td>A</td> <td>110 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	110 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	110 di 119								

La resistenza a compressione monoassiale misurata nell'unica prova disponibile è di 10 MPa.

Caratteristiche di permeabilità:

In corrispondenza dell'unità è disponibile una prova di permeabilità Lugeon che ha dato un valore di permeabilità di $3.4E^{-07}$ m/s.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

5.9 Sintesi parametri geotecnici di progetto

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

Unità b1 – Sabbia e ghiaia

$\gamma = 19\div 20$ kN/m ³	peso di volume naturale
$\varphi' = 35\div 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0$ kPa	coesione drenata
$V_s = 200\div 380$ m/s	velocità delle onde di taglio
$G_o = 75\div 280$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 200\div 7000$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità b2 – limi sabbiosi e sabbie limose

$\gamma = 19.5\div 20.5$ kN/m ³	peso di volume naturale
$\varphi' = 27\div 34^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0\div 5$ kPa	coesione drenata
$V_s = 140\div 290$ m/s	velocità delle onde di taglio
$G_o = 40\div 160$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 100\div 400$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità b3 – Limo argilloso e argilla limosa

$\gamma = 19\div 20$ kN/m ³	peso di volume naturale
$\varphi' = 24\div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0\div 10$ kPa	coesione drenata
$c_u = 40\div 150$ kPa	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$G_o = 30\div 100$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 70\div 200$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità fr – Limo argilloso debolmente sabbioso (corpo di frana)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	112 di 119

$\gamma = 18.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 15 \div 25 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 20 \div 30^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c'_r = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua
$\varphi'_r = 17 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo
$c_u = 70 \div 200 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$G_o = 20 \div 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 50 \div 520 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità AVF – Argille varicolori – argille limoso marnose

$\gamma = 19.5 \div 22 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 15 \div 25 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 20 \div 30^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c'_r = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua
$\varphi'_r = 17 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo
$c_u = 100 \div 300 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$G_o = 200 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 500 \div 980 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità AVF – Argille varicolori – peliti/argilliti

$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 45 \div 66 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 23 \div 28^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E = 60 \div 140 \text{ MPa}$	modulo di deformazione

Unità POZ – calcare e calcare marnoso (Formazione di Polizzi)

$\gamma = 25 \div 26 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\sigma_c = 3 \div 10 \text{ MPa}$	resistenza a compressione monoassiale

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A	FOGLIO 113 di 119

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 (E₀).

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.

5.10 Falda

Nel profilo stratigrafico longitudinale e nelle sezioni geotecniche è stato rappresentato il livello di falda massimo lungo il tracciato, desunto dalle letture piezometriche a disposizione. Nella tabella al paragrafo 4.5 sono indicate tutte le misure piezometriche.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

6 CLASSIFICAZIONE SISMICA

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

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

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g , del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 , del periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c^* ;
- per diverse probabilità di superamento in 75 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R 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_{V_R} associate a ciascuno degli stati limite considerati.

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

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

La vita di riferimento è calcolata come:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

Per le opere in esame si ha:

- $V_N=75$ anni
- $C_U=1.5$ (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:

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02					
	Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y 78 GE	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

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.

In particolare, i siti in oggetto possono essere classificati di categoria T1, “*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* ”, a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.0$.

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

6.1 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 le prove sismiche di tipo MASW elencate in tabella seguente. Le prove hanno individuato valori di $V_{s,eq}$ al limite tra categoria C e B. Cautelativamente in relazione alla tipologia di opere che si vanno a dimensionare, interferenti talvolta con coltre franose o potenzialmente franose, si assume la **categoria di sottosuolo tipo “C”**: ovvero “*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresa tra 180 e 360 m/s*”.

Tabella 17 – Definizione categoria di sottosuolo sismica da indagini sismiche

Indagini	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria sottosuolo
MASW19	396	B
MASW3	393	B
MASW	341	C

6.2 Azioni sismiche di progetto

Per il sito in esame, sulla base di quanto riportato nei capitoli precedenti ed in accordo a quanto esposto nella relazione geologica, si ha:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
 TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
 NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	116 di 119

- Per la **viabilità NV02**: accelerazioni massime attese al piano campagna sono pari a $a_{max} = 0.324$ g per zona con categoria tipo C.

Tabella 18 – Parametri sismici

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

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.048	2.329	0.248
50	0.065	2.321	0.263
72	0.079	2.316	0.269
101	0.094	2.311	0.274
140	0.109	2.311	0.278
201	0.128	2.316	0.285
475	0.180	2.376	0.293
975	0.233	2.419	0.308
2475	0.315	2.507	0.323

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Tabella 19 – Scelta della strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.076	2.317	0.268
SLD	113	0.099	2.311	0.276
SLV	1068	0.240	2.427	0.310
SLC	2193	0.303	2.495	0.321

Tabella 20 – Parametri dello spettro di risposta orizzontale allo SLV – categoria sismica tipo C

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLV ▼ info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo C ▼ info $S_S =$ 1.350 $C_C =$ 1.546 ▼ info

Categoria topografica T1 ▼ info $h/H =$ 0.000 $S_T =$ 1.000 ▼ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) 5 $\eta =$ 1.000 ▼ info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 3 Regol. in altezza no ▼ info

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q 1.5 $\eta =$ 0.667 ▼ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta ▶▶▶

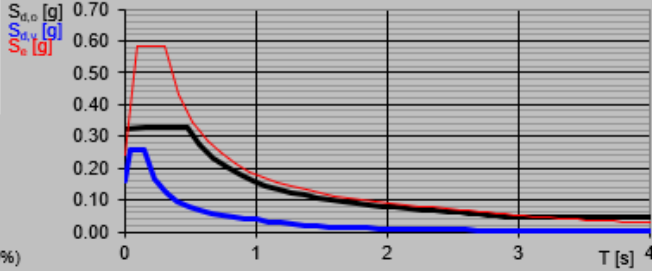
Parametri e punti spettri di risposta ▶▶▶

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

Spettri di risposta



$S_{d,o}$ [g] 0.70
 $S_{d,v}$ [g] 0.60
 S_e [g] 0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00

T [s] 4

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_0	0.240 g
F_0	2.427
T_C	0.310 s
S_S	1.350
C_C	1.546
S_T	1.000
q	2.400

Parametri dipendenti

S	1.350
η	0.417
T_B	0.160 s
T_C	0.479 s
T_D	2.561 s



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA
TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)
NUOVA VIABILITA' NV02

Addendum relazione geotecnica generale - Viabilità
NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y 78 GE	GE0006 001	A	119 di 119

6.3 Magnitudo

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), l'opera in progetto ricade nella **Zona 933** “*Sicilia settentrionale*”. Sulla base degli studi sismologici più aggiornati, in questa zona sono attesi terremoti di profondità medio-elevata ($P = 8-12$ km) e di medio-bassa magnitudo $M_{max} = 6.14$, riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente inversa.