

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O.: OPERE GEOTECNICHE

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

SCALA:

-

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

RC1C 03 R 11 GE GE0006 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L. Sbrenna	Novembre 2021	G. Scasserra / L. Giannini	Novembre 2021	I. D'Amore	Novembre 2021	L. Berardi Giugno 2022
B	Emissione a seguito di richiesta integrazioni CSLLPP Parere n°5/2022	L. Giannini	Giugno 2022	G. Scasserra	Giugno 2022	I. D'Amore	Giugno 2022	

File: RC1C03R11GE000100B

n. Elab.: X



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	2 di 156

INDICE

1	PREMESSA	6
2	INTRODUZIONE.....	8
3	NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	11
3.1	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	11
3.2	BIBLIOGRAFIA.....	11
3.3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	13
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SISMICO	14
4.1	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	14
4.1.1	<i>Successioni continentali quaternarie</i>	15
4.1.2	<i>Successioni marine quaternarie</i>	15
4.1.3	<i>Successioni marine plio-pleistoceniche</i>	16
4.1.4	<i>Successioni marine mioceniche</i>	16
4.2	INQUADRAMENTO SISMICO	18
4.2.1	<i>Vita Nominale, Classe d'Uso, Tempo di Ritorno</i>	20
4.2.2	<i>Stati limite, probabilità di superamento e periodi di ritorno</i>	22
4.2.3	<i>Accelerazione di Riferimento su Suolo Rigido</i>	23
4.2.3.1	Lato Cosenza	24
4.2.3.2	Lato Paola	25
4.2.3.3	Scavalco autostrada A2	26
4.2.4	<i>Risposta Sismica Locale</i>	28
4.2.4.1	Lato Cosenza	29
4.2.4.2	Lato Paola	31
4.2.4.1	Scavalco autostrada A2	34
5	CAMPAGNE DI INDAGINE UTILIZZATE PER LO STUDIO GEOTECNICO	36
5.1	CAMPAGNA DI INDAGINE ITALFERR 2021.....	36
5.2	CAMPAGNE DI INDAGINE PREGRESSE.....	41
5.2.1	<i>Progetto Preliminare 2012</i>	41
5.2.2	<i>Indagini RFI 2017</i>	42
6	INDICAZIONI SULLA FALDA	44
7	UNITÀ GEOTECNICHE.....	46
7.1	DEFINIZIONE DELLE UNITA' GEOTECNICHE	46



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	3 di 156

7.2	GRANULOMETRIE E COMPORTAMENTO ATTESO DEI TERRENI INDAGATI	48
7.3	CONSIDERAZIONI SU CONVERSIONE DA N_{20} (DPSH) A N_{SPT}	50
7.3.1	Unità DA.....	50
7.3.2	Unità DM.....	51
8	CRITERI E CORRELAZIONI UTILIZZATI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	52
8.1	CONSIDERAZIONI GENERALI	52
8.2	TERRENI COESIVI	53
8.2.1	Parametri di stato e caratteristiche fisiche	53
8.2.2	Parametri di resistenza	54
8.2.2.1	Condizioni non drenate	54
8.2.2.2	Condizioni drenate	55
8.2.3	Parametri di rigidezza	55
8.2.3.1	Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio	55
8.2.3.2	Modulo elastico a basse deformazioni	58
8.2.3.3	Modulo elastico operativo in condizioni drenate.....	59
8.2.3.4	Modulo elastico operativo in condizioni non drenate.....	62
8.2.4	Permeabilità	63
8.3	TERRENI GRANULARI	64
8.3.1	Stato iniziale e caratteristiche fisiche.....	64
8.3.1.1	Peso di volume.....	64
8.3.2	Parametri di resistenza	64
8.3.2.1	Angolo d'attrito da prove di laboratorio.....	64
8.3.2.2	Angolo d'attrito da correlazioni	65
8.3.3	Parametri di rigidezza	66
8.3.3.1	Modulo elastico operativo a basse deformazioni.....	66
8.3.3.2	Modulo elastico operativo da colpi SPT	66
8.3.4	Permeabilità	67
9	DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....	68
9.1	DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI E RECENTI - UNITÀ DA.....	68
9.1.1	Parametri di stato e caratteristiche fisiche	70
9.1.2	Parametri di resistenza	71
9.1.2.1	Condizioni drenate	71
9.1.3	Parametri di rigidezza	74
9.1.3.1	Modulo elastico operativo in condizioni drenate.....	74
9.1.3.2	Riepilogo Modulo di deformazione	76
9.1.4	Permeabilità	77



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	4 di 156

9.2	ARGILLE LIMOSE DEL T. SETTIMO: UNITÀ ATS.....	78
9.2.1	<i>Parametri di stato e caratteristiche fisiche</i>	80
9.2.2	<i>Parametri di resistenza</i>	85
9.2.2.1	Condizioni drenate	85
9.2.2.2	Condizioni non drenate	86
9.2.3	<i>Parametri di rigidezza</i>	87
9.2.3.1	Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio	87
9.2.3.2	Modulo elastico operativo in condizioni drenate.....	90
9.2.3.3	Riepilogo Modulo elastico operativo.....	92
9.2.4	<i>Permeabilità</i>	93
9.3	DEPOSITI MARINI TERRAZZATI E RECENTI : UNITÀ DM.....	94
9.3.1	<i>Parametri di stato e caratteristiche fisiche</i>	96
9.3.2	<i>Parametri di resistenza</i>	98
9.3.2.1	Condizioni drenate	98
9.3.3	<i>Parametri di rigidezza</i>	101
9.3.3.1	Modulo elastico operativo in condizioni drenate.....	101
9.3.3.2	Riepilogo Modulo elastico operativo.....	105
9.3.4	<i>Permeabilità</i>	106
9.4	ARGILLE MARNOSE DEL T. LAVANDAIO: UNITÀ ALD	107
9.4.1	<i>Parametri di stato e caratteristiche fisiche</i>	109
9.4.2	<i>Parametri di resistenza</i>	113
9.4.2.1	Condizioni drenate	113
9.4.2.2	Condizioni non drenate	114
9.4.3	<i>Parametri di rigidezza</i>	115
9.4.3.1	Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio	115
9.4.3.2	Modulo elastico operativo in condizioni drenate.....	118
9.4.3.3	Riepilogo Modulo elastico operativo.....	122
9.4.4	<i>Permeabilità</i>	123
10	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI E DEI LIVELLI DI FALDA.....	124
11	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	125
11.1	GENERALITÀ	125
11.2	CONDIZIONI DI ESCLUSIONE DA VERIFICA A LIQUEFAZIONE	126
11.2.1	<i>Applicazione delle condizioni</i>	127
11.3	METODOLOGIA DI ANALISI.....	128
11.3.1	<i>Analisi basate su prove SPT</i>	131



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	5 di 156

11.4	UNITÀ COESIVE ATS E ALD.....	133
11.5	UNITÀ INCOERENTE DA (LATO COSENZA).....	136
11.5.1	<i>Valutazione della magnitudo</i>	137
11.5.2	<i>Riepilogo parametri sismici</i>	139
11.5.3	<i>Analisi SPT</i>	140
11.6	UNITÀ INCOERENTE DM (LATO PAOLA).....	143
11.6.1	<i>Valutazione della magnitudo</i>	144
11.6.2	<i>Riepilogo parametri sismici</i>	146
11.6.3	<i>Analisi SPT</i>	147
11.6.4	<i>Analisi Indagini 2017</i>	150
11.7	SCAVALCO AUTOSTRADA A2.....	151
11.7.1	<i>Risultati</i>	152
12	SINTESI DEGLI ASPETTI PROGETTUALI GEOTECNICI.....	153
12.1	RILEVATI.....	153
12.2	GALLERIE ARTIFICIALI E MURI AD U TRA DIAFRAMMI.....	154
12.3	FONDAZIONI PROFONDE.....	155
12.4	ANALISI DEL DISSESTO NELL'AREA DELLA NV07.....	155

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

1 PREMESSA

Il 19 maggio 2020 con Decreto Legge n. 34 *“Misure urgenti in materia di salute, sostegno al lavoro e all'economia, nonché di politiche sociali connesse all'emergenza epidemiologica da COVID-19”*, convertito in legge il 17 luglio 2020, con la legge n.77, all'art. 208 recante *“disposizioni per il rilancio del settore ferroviario”* al comma 3 è stato sancito che *“a valere sulle risorse attribuite a Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. nell'ambito del riparto delle risorse del Fondo di cui all'articolo 1, comma 140, della legge 11 dicembre 2016, n.232, e non finalizzate a specifici interventi nell'ambito del Contratto di programma 2017-2021, la predetta Società è autorizzata ad utilizzare l'importo di euro 25 milioni per l'anno 2020 e di euro 15 milioni per l'anno 2021 per la realizzazione del progetto di fattibilità tecnico-economica degli interventi di potenziamento, con caratteristiche di alta velocità, delle direttrici ferroviarie Salerno-Reggio Calabria, Taranto-Metaponto-Potenza-Battipaglia e Genova-Ventimiglia.”*, dando il via libera alla progettazione di fattibilità tecnica ed economica della linea ad alta velocità per la tratta Salerno-Reggio Calabria.

L'alta velocità nel sud del paese rappresenta un'opportunità importante per le regioni meridionali per un recupero del gap infrastrutturale esistente. La nuova linea AV Salerno – Reggio Calabria costituisce la continuità di un itinerario strategico passeggeri e merci per la connessione tra il sud della penisola e il nord attraverso il corridoio dorsale, asse principale del paese. In particolare:

- a livello europeo fa parte del corridoio Scandinavo – Mediterraneo della rete TEN-T;
- a livello nazionale fa parte della rete SNIT di primo livello ed è necessaria per ridurre il gap infrastrutturale fra nord e sud del Paese;
- a livello locale rappresenta un progetto strategico per collegare le regioni interessate con la parte centro-settentrionale del paese.



Figura 1.1 Corridoi Europei TEN-T in Italia

Il nuovo collegamento consentirà di incrementare i livelli di accessibilità alla rete AV per diverse zone a elevata valenza territoriale quali il Cilento e il Vallo di Diano, la costa Jonica, l'alto e il basso Cosentino, l'area del Porto di Gioia Tauro e il Reggino, oltre che velocizzare anche collegamenti verso Potenza, verso la Sicilia, verso i territori della Calabria sul Mar Jonio (Sibari, Crotona) e verso Cosenza e, allo stesso tempo, contribuirà in maniera significativa al potenziamento dell'itinerario merci Gioia Tauro – Paola – Bari (corridoio Adriatico).

Questa configurazione risponde perfettamente anche al modello di servizi Lunga Percorrenza, garantendo non solo un collegamento tra i principali nodi metropolitani e i punti di adduzione dell'offerta regionale quali Praia, Paola, Lamezia, Rosarno, Gioia Tauro, Villa S. Giovanni, ma anche località ad alta valenza turistica quali Maratea, Vallo della Lucania, Scalea, Vibo Pizzo e, con opportuni interventi, anche verso la costa ionica.

La realizzazione di una nuova infrastruttura tra Salerno e Reggio Calabria avrà dei parametri di prestazione tali da poter assicurare non solo il traffico passeggeri veloce, ma anche il trasporto merci. Questo in particolare nei tratti di linea dove l'itinerario alternativo sulla storica non consente flussi di trasporto merci con le prestazioni oggi richieste dal mercato. In particolare, si fa riferimento al tratto Salerno – Battipaglia – Paola in cui la linea attuale è caratterizzata da pendenze accentuate e da sagoma P/C 32. Per questo motivo le caratteristiche della nuova linea dovrebbero consentire le prestazioni più elevate per il trasporto merci.

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B	FOGLIO 8 di 156

2 INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono descritti i risultati dello studio geotecnico svolto nell'ambito del PFTE del *Raddoppio della tratta bivio S. Antonello/Castiglione Cosentino - bivio S. Lucido/Paola – Galleria Santomarco*.

La presente emissione aggiorna quella precedente a seguito del parere n°5/2022 da parte del CSLPP in cui sono state richieste alcune integrazioni. In particolare, nell'ambito della presente revisione, sono state aggiunte considerazioni di maggior dettaglio sulle problematiche geotecniche (vedi cap. 12), richiamando anche quanto approfondito sul dissesto in corrispondenza della viabilità NV07 per i dettagli del quale si rimanda agli specifici elaborati integrativi RC1C03R11RHGE0006003A e RC1C03R11PZGE0006001A.

L'area di studio ricade nel settore centrale della Regione Calabria e, più precisamente, lungo il margine occidentale dell'Appennino Calabro, nella porzione di territorio compresa tra la costa tirrenica a sud di Paola ed il fondovalle del F. Crati a nord di Rende. Tale areale ricade interamente nella provincia di Cosenza e interessa parte dei territori comunali di Castiglione Cosentino, Montalto Uffugo, Paola, Rende, Rose, San Fili e San Vincenzo la Costa.



Figura 2.1- Stralcio cartografico in scala 1:150,000 con individuazione del tracciato di progetto (in nero).

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia, edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studi è individuabile all'interno del Foglio 229 — "Paola" in scala 1:100,000, nelle Tavole 229 II SW, 229 III SE e 229 III SW in scala 1:25,000 e, con riferimento alla Carta Tecnica della Regione Calabria, negli elementi 551152, 551163, 559012, 559013, 559013, 559021, 559022, 559023, 559031, 559032, 559033, 559034, 559043, 559044, 559051 e 559054 in scala 1:5,000.

Dal punto di vista morfologico, il settore di studio è caratterizzato da un territorio con caratteristiche estremamente variabili ed eterogenee. Il settore occidentale, infatti, ricade nella parte centrale della Catena Costiera ed è caratterizzato da una morfologia tipicamente montuosa, con rilievi piuttosto acclivi ed estesi posti a quote variabili tra i 600 ed i 1255 m circa s.l.m.. La continuità del paesaggio è interrotta,

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

molto spesso, da strette valli di incisione fluviale che tagliano tutti i rilievi secondo allineamenti ben evidenti che ricalcano l'assetto strutturale dell'area.

Il settore orientale, invece, si colloca nella fascia di territorio compresa tra il margine orientale della Catena Costiera ed il fondovalle del F. Crati. Si tratta di un territorio tipicamente collinare, caratterizzato da rilievi generalmente poco accentuati ed estesi interrotti, di frequente, da valli fluviali e incisioni torrentizie drenanti mediamente verso i settori più orientali.

I principali corsi d'acqua dell'area sono rappresentati dal Fiume Crati, che scorre in direzione circa meridiana nei settori più orientali dell'area di studio, e dai Torrenti Settimo e Mavigliano, suoi affluenti in sinistra idrografica. Ad essi si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere generalmente stagionale e/o torrentizio, e numerosi solchi da ruscellamento concentrato, attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi e severi.

Il tracciato in esame prevede soluzioni progettuali quali rilevati (analizzati e verificate nel documento rif. [34]), e gallerie artificiali/ muri ad U (incluse nel documento rif.[35]).

Il presente documento riguarda lo studio geotecnico generale inerente alle opere all'aperto e si articola come segue:

- nel capitolo 3 elencate le normative, i riferimenti bibliografici e i documenti di riferimento;
- nel capitolo 4 è riportata una sintesi del quadro geologico di riferimento;
- nel capitolo 5 è riportata una descrizione delle campagne di indagini geognostiche prese a riferimento nello studio;
- nel capitolo 6 sono riportate le indicazioni sulla falda;
- nel capitolo 7 sono definite le unità geotecniche e i modelli geotecnici di riferimento;
- nel capitolo 8 sono descritti i criteri e correlazioni adottati per l'interpretazione delle indagini in sito e di laboratorio;
- nel capitolo 9 sono definiti i valori dei parametri meccanici delle unità geotecniche;
- nel capitolo 10 è riportata la sintesi dei valori dei parametri geotecnici e dei livelli di falda assunti;
- nel capitolo 11 è riportata la verifica a liquefazione;
- nel capitolo 12 un quadro di sintesi delle problematiche geotecniche affrontate nell'ambito della progettazione.

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

3 **NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

3.1 **NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO**

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- [2] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore del Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- [3] RFI DTC SI CS MA IFS 001 del 2021 - “MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI”;
- [4] RFI DTC SI CS SP IFS 004 del 2021- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI;
- [5] AGI (1977) Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

3.2 **BIBLIOGRAFIA**

- [6] Robertson, P.K. (1990). *Soil Classification using the CPT*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 27, 151-158;
- [7] Lambe T.W.& R. V. Whitman (1969). *Soil Mechanics*;
- [8] Koutsoftas D.C. and Ladd C.C. (1985) Design strength of an offshore clay. JGED, ASCE, 3,337–355;
- [9] Look Burt (2007) *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*;
- [10] Lunne, T., Christophersen, H.P., Tjelta, T.I. (1985). Engineering use of piezocone data in North Sea clays. Proc. 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, 2. Balkema Pub, Rotterdam, pp. 907–912;



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	12 di 156

- [11] Stroud M.A. (1974) "The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks" Proceedings ESOPT I;
- [12] Stroud M.A. (1988) "The Standard Penetration Test – Its application and interpretation" Penetration Testing in UK, Proceedings of the Geotechnical Conference organized by ICE, Birmingham;
- [13] Mayne, P.W., Campanella, R.G. (2005). Versatile site characterization by seismic piezocone. Proc. 16th Intl. Conf. Soil Mechanics & Geotechnical Engrg, Vol. 2 (Osaka), Millpress, Rotterdam: 721-724;
- [14] Robertson, P.K. (2009). Interpretation of cone penetration tests – a unified approach. Canadian Geotechnical Journal, 46:1337-1355;
- [15] Vucetic M., Dobry R. (1991) "Effect of soil plasticity on cyclic response" Journal of Geotechnical Engineering, vol. 117, n° 1, pp. 89-107;
- [16] Jean-Louis Briaud. The pressuremeter;
- [17] TC16 (2001) - The Flat Dilatometer Test (DMT) in Soil Investigations - A Report by the ISSMGE Committee TC16. 41 pp. Reprinted in *Proc. 2* Versione italiana: Marchetti, S., Monaco, P., Totani, G. e Calabrese, M. (2001) - Il Dilatometro Piatto. *Atti XVIII Ciclo Conferenze di Geotecnica di Torino*, 50 pp. nd *Int. Conf. on the Flat Dilatometer, Washington D.C. (USA), April 2-5, 2006, 7-48*;
- [18] Marchetti, D., Marchetti, S., Monaco, P. e Totani, G. (2008) "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" - Protezione Civile - Gruppo di lavoro (2008) - *Università di L'Aquila - Dipartimento Ingegneria Strutture Acque e Terreno. Cap. 3.4.4.2.9 Prova DMT pp. 391-397; Cap. 3.4.4.2.10 Prova SDMT. pp. 397-405*;
- [19] Franch, J. (2014). Correlaciones Geotécnicas (5) y ensayos "in situ": el SPT y el módulo de deformación;
- [20] Duncan, Buchignani (1976). An Engineering Manual for Settlement Studies;
- [21] M. Devincenzi & N. Frank (2004). "In situ geotechnical tests: execution and interpretation", IGEO TEST;
- [22] Lancellotta, R (2009). Geotechnical Engineering – Second Edition. Taylor & Francis;

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

[23] Bruschi, A.(2014). Liquefazione dei terreni e fenomeni associati. Verifica – Calcolo – Prevenzione. Dario Flaccovio Editore.

3.3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- [24] ITALFERR – Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari (Doc. RC1C00R69SGGE0005001A);
- [25] ITALFERR – Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio (Doc. RC1C00R69PRGE0005001A);
- [26] ITALFERR – Indagini Geognostiche: Indagini Geofisiche (Doc. RC1C00R69IGGE0005001A);
- [27] ITALFERR – Esecuzione campagna indagini 2017 – (fare riferimento a Relazione geologica [29]);
- [28] ITALFERR – Esecuzione campagna indagini 2012 – ((fare riferimento a Relazione geologica [29]);
- [29] ITALFERR – Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica (Doc. RC1C00R69RGGE0001001A);
- [30] ITALFERR – Plan-Profilo geologico-geomorfologico binario pari (Doc. RC1C00R69F4GE0001001A a RC1C00R69F4GE0001002A, 2 tavole);
- [31] ITALFERR – Plan-Profilo geologico-geomorfologico – Interconnessione (Doc. RC1C00R69F4GE0001003A, 1 tavola);
- [32] ITALFERR – Plan-Profilo geotecnico binario pari (Doc. RC1C03R11LZGE0001001A a RC1C03R11LZGE0001004A, 4 tavole);
- [33] ITALFERR – Plan-Profilo geotecnico – Interconnessione (Doc. RC1C03R11LZGE0001005A, 1 tavola);
- [34] ITALFERR – Relazione di calcolo rilevati ferroviari (Doc. RC1C03R11RHGE0001001A);
- [35] ITALFERR - Relazione di predimensionamento delle gallerie artificiali e dei muri a U tra diaframmi (Doc. RC1C03R11CLGA0000001A).

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SISMICO

4.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Con riferimento alla Relazione Geologica (doc.[29]) viene qui richiamato un breve inquadramento geologico e sismico dell'area oggetto di studio.

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative a successioni sedimentarie di substrato e a coperture recenti. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle indagini geognostiche a disposizione. La sintesi del modello geologico di riferimento è riportata nelle Planimetrie e nei Profili geologici-geomorfologici (doc.[30] e [31]).

Come anticipato nel capitolo introduttivo, l'area di studio si colloca nel settore centrale della Regione Calabria, interamente all'interno della Provincia di Cosenza. In particolare, il tracciato ferroviario di progetto si sviluppa con andamento circa E-W tra la costa tirrenica a Sud di Paola ed il fondovalle del F. Crati a Nord di Rende.

Il tracciato di progetto si sviluppa lungo circa 21 km, attraverso settori del territorio la cui quota risulta mediamente costante nei due lati all'aperto dell'intervento, pari a circa 175 m slm lato Cosenza e 5-10 m slm lato Paola.

Dal punto di vista morfologico il settore di studio, sia dal lato Cosenza, sia dal lato Paola, è caratterizzato da un territorio con un tratto pianeggiante e sub-pianeggiante nella porzione all'aperto del tracciato a cui seguono rilievi collinari con versanti man mano più acclivi avvicinandosi alla parte centrale della Catena Costiera (caratterizzato da una morfologia tipicamente montuosa, con rilievi piuttosto acclivi ed estesi posti a quote variabili tra i 600 ed i 1255 m circa s.l.m); tale parte non è oggetto del presente studio in quanto interessata dalla galleria naturale.

Il locale assetto litostratigrafico è stato ricostruito integrando i dati bibliografici disponibili con le informazioni dedotte da fotointerpretazione e da rilievi geologici di terreno, oltre che attraverso il confronto con i dati delle indagini in sito eseguite nella presente fase di progettazione, nonché pregresse.

Di seguito vengono descritte le singole unità litostratigrafiche individuate nel settore d'intervento.

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

4.1.1 Successioni continentali quaternarie

b2: Depositi detritico-colluviali

Ghiaie fortemente eterometriche, da angolose a sub-angolose, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; limi argilloso-sabbiosi a struttura indistinta o rimaneggiata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; argille limoso-sabbiose a struttura indistinta o rimaneggiata, con locali passaggi di sabbie e sabbie ghiaiose. Depositi di versante e di alterazione del substrato, localmente mobilizzati per frana.

Olocene - Attuale

bb: Depositi alluvionali attuali e recenti

Ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sabbie e sabbie limose a struttura prevalentemente indistinta, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate. Depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale.

Argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose. Depositi di piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono.

Olocene - Attuale

bn: Depositi alluvionali terrazzati

Ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, talora da poco a mediamente cementate; sabbie e sabbie limose a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, a luoghi debolmente cementate. Depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale.

Argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose. Depositi di piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono.

Pleistocene medio-superiore

4.1.2 Successioni marine quaternarie

g2: Depositi marini attuali e recenti



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	16 di 156

Ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sabbie e sabbie limose a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate. Depositi di spiaggia e cordone litoraneo.

Olocene – Attuale

gn: Depositi marini terrazzati

Ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, talora da poco a mediamente cementate; sabbie e sabbie limose a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, a luoghi debolmente cementate, talora sono presenti livelli di limi argilloso-sabbiosi di colore marrone e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate. Depositi di spiaggia, cordone litoraneo e mare basso.

Pleistocene medio-superiore

4.1.3 Successioni marine plio-pleistoceniche

ATS: Argille limose del T. Settimo

Argille limose e limi argillosi grigi e grigio-azzurri, a stratificazione poco evidente e frattura concoide, con frequenti intercalazioni millimetriche e centimetriche di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, a struttura indistinta o laminata; talora sono presenti passaggi decimetrici di sabbie e sabbie limose grigie; a luoghi si rinvencono lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate, in matrice sabbioso limosa grigia, da scarsa ad abbondante. Microfauna a foraminiferi bentonici e planctonici, in associazione con ostracodi, radiolari e frammenti di macrofossili.

Pleistocene inferiore

4.1.4 Successioni marine mioceniche

ALD: Argille marnose del T. Lavandaio

Argille limo e argille marnose grigie, in genere sottilmente stratificate, con occasionali passaggi di argille fogliettate rosso-scure, locali livelli di argille nodulari grigie e frequenti intercalazioni millimetriche e

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B	FOGLIO 17 di 156

centimetriche di sabbie e sabbie limose grigie, a struttura indistinta o laminata. A luoghi si rinvencono intercalazioni di arenarie, calcari e marne bruno-chiare, finemente laminate, e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate, in abbondante matrice sabbioso-limosa grigia, da scarsa ad abbondante. Microfauna a foraminiferi molto limitata, in associazione con squame di pesci ed ostracodi.

Tortoniano

SCM: Sabbie e conglomerati di Cozzo della Mola

Sabbie e conglomerati generalmente fini di colore bruno-rossastro, a stratificazione mal definita e talora incrociata, con locali intercalazioni di arenarie di colore giallastro a cemento calcareo; alla base della successione si rinviene un livello di conglomerati grossolani ricchi di livelli sabbiosi di colore rossastro, trasgressivi sui depositi più antichi. Localmente con macrofossili. Lo spessore massimo è di circa 60 m.

Pleistocene inferiore

Si fa presente che tale unità non verrà successivamente caratterizzata in quanto la distribuzione all'interno del profilo è dubbia e caotica, e non ben rappresentata dalle prove disponibili (sia in sito che di laboratorio). Dove rappresentata nel profilo geologico [30] e [31], verrà sostituita dall'unità ALD. Seguendo le indicazioni fornite dalla geologia, comunque, essendo conglomerati e sabbie, questa omissione è a favore di sicurezza in termini meccanici e di rigidità del sottosuolo.

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B	FOGLIO 18 di 156

4.2 INQUADRAMENTO SISMICO

Richiamando quanto già riportato nella Relazione Geologica, Geomorfologica e Sismica (doc.[29]), nel presente paragrafo vengono riassunti gli aspetti principali relativi alla sismicità dell'area oggetto di studio.

In riferimento alla Figura 4.1 sotto riportata si evince che i Comuni oggetto d'intervento ricadono in Zona Sismica 1 (Rischio Alto, comuni di Rende, San Fili, San Lucido) e Zona Sismica 2 (Rischio Medio, comune di Paola) per i quali sono state svolte le prescrizioni di cui al Capitolo 3 delle NTC2018, che prevedono per il sito la Valutazione dell'Azione Sismica a partire dalla Pericolosità Sismica di Base, Categoria di Sottosuolo e Condizioni Topografiche.

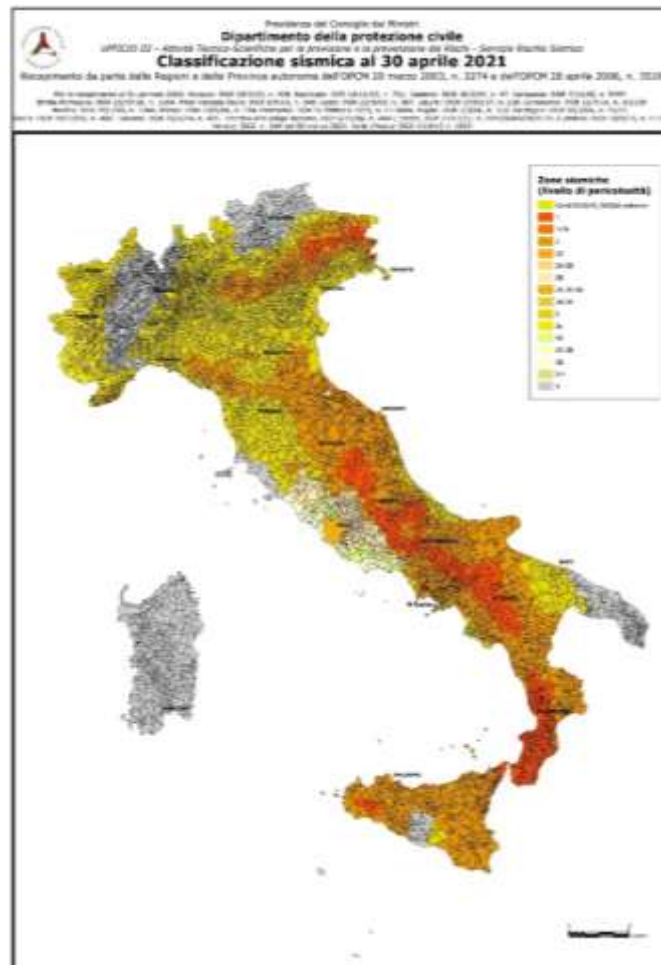


Figura 4.1: Livello di pericolosità sismica dei comuni italiani aggiornamento 2021 (Fonte: Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile)

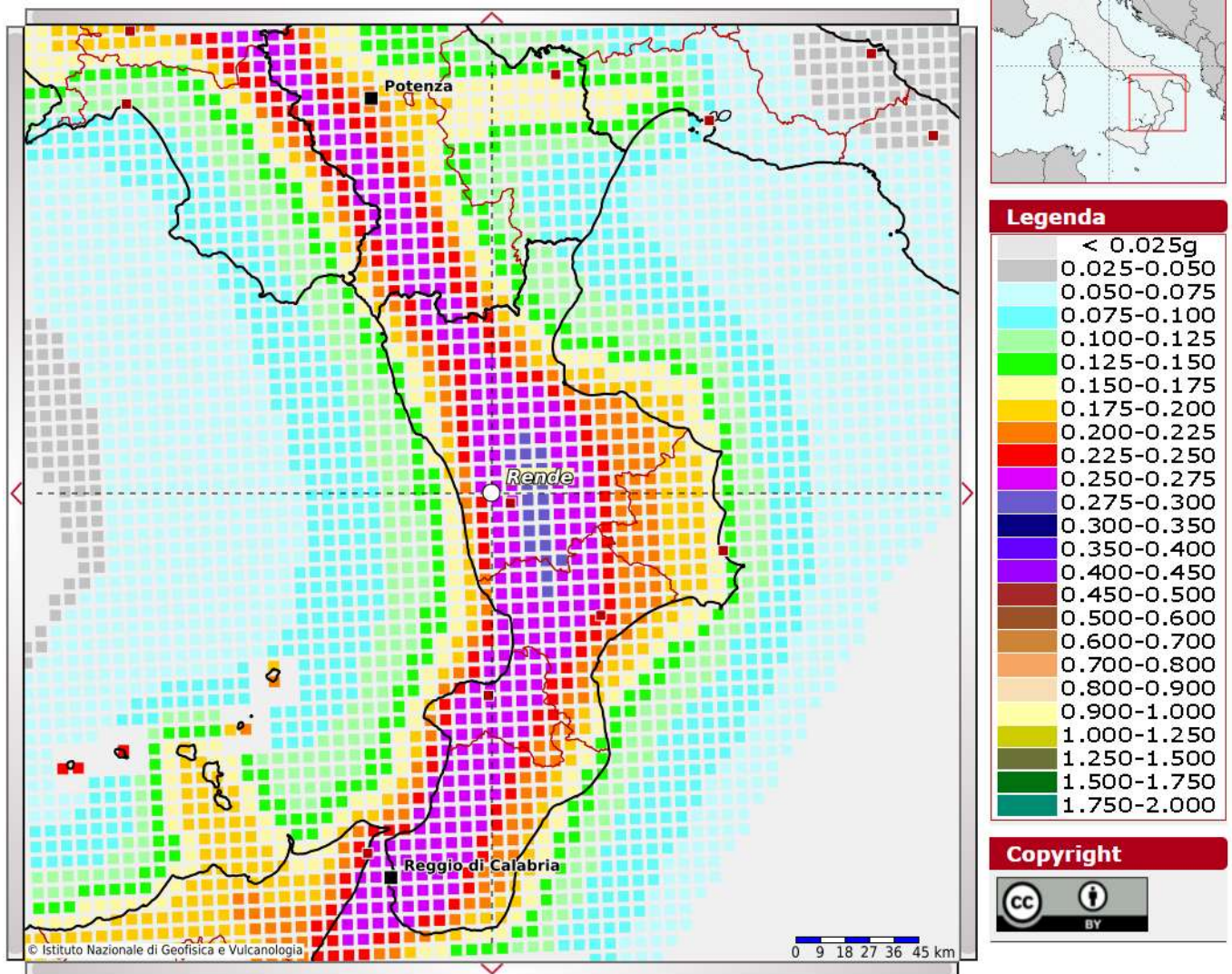


Figura 4.2: dettaglio della pericolosità sismica di base per il sito d'intervento

L'azione sismica che governa il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto (di esercizio SLE e Ultimi SLU) è qui definita in accordo alle Norme Tecniche 2018 (NTC2018), a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, espressa in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sottosuolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

La definizione dell'azione sismica include le ordinate dello spettro di risposta elastico di accelerazione $S_e(T)$ corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la vita utile della struttura.

In sintesi, la forma degli spettri di risposta di progetto (considerati su sottosuolo rigido di riferimento) è definita dai seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima per sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti verrà dapprima stabilito il periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R), in base alla classificazione delle opere in progetto. Successivamente, verranno definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, arrivando a definire i periodi di ritorno (T_R) corrispondenti dell'azione sismica da considerare, determinata a sua volta per condizioni di suolo rigido ed a livello del piano campagna in corrispondenza di alcuni punti di interesse.

4.2.1 Vita Nominale, Classe d'Uso, Tempo di Ritorno

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il periodo temporale entro cui l'opera stessa può essere usata per lo scopo al quale è destinata purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC2018:

- $V_N \leq 10$ anni, per opere provvisorie e opere provvisionali;
- $V_N \geq 50$ anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale;
- $V_N \geq 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Nel caso in esame, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è stato assunto in sede progettuale:

- Per la linea ferroviaria: $V_N = 75$ anni

Le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita sulla base dell'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. In particolare, le classi d'uso sono così definite:



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	21 di 156

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. Per le quali si ha un coefficiente d'uso $C_U=0.7$.
- Classe II: ... *omissis* ... Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o Classe d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza ... *omissis* Per le quali $C_U = 1.0$.
- Classe III: ... *omissis* ... Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso IV, e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza ... *omissis* ... Per le quali $C_U = 1.5$.
- Classe IV: ... *omissis* ... Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico ... *omissis* ... Per le quali $C_U = 2$.

Nel caso in esame si assume per l'intera linea:

Classe d'uso III ($C_U = 1.5$)

Pertanto, nel caso in esame, l'azione sismica di verifica viene associata ad un periodo di riferimento pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 75 \times 1.5 = 112.5 \text{ anni}$$

Per le opere connesse all'attraversamento dell'autostrada e per i fabbricati tecnologici invece si utilizzerà:

Classe d'uso IV ($C_U = 2.0$)

Pertanto

$$V_R = V_N \times C_U = 75 \times 2.0 = 150 \text{ anni}$$

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

4.2.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodi di ritorno

L'azione sismica di progetto deve essere determinata in funzione della probabilità di superamento P_{VR} dipendente dagli Stati Limite di verifica e correlata a periodo di ritorno (T_R) e periodo di riferimento (V_R) attraverso la seguente formulazione

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

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2018 al par. 3.2.1 sono:

Stato Limite Ultimo (SLU)

- Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in corrispondenza del quale la struttura subisce una significativa perdita della rigidezza nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontale. Ad esso è associata una probabilità di superamento $P_{VR}=10\%$;
- Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali. Ad SLC è associata una $P_{VR}=5\%$.

Stato limite di Esercizio (SLE)

- Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico ($P_{VR}=81\%$);
- Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo ($P_{VR}=63\%$).

Considerando il periodo di riferimento assunto ($V_R=112.5$ e 150 anni), ai quattro stati limite sopra descritti corrispondono i tempi di ritorno T_R riportati in Tabella 4.1.



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	23 di 156

STATO LIMITE	T_R , anni ($V_r=112.5$ anni)	T_R , anni ($V_r=150$ anni)
SLO	68	90
SLD	113	151
SLV	1068	1424
SLC	2193	2475

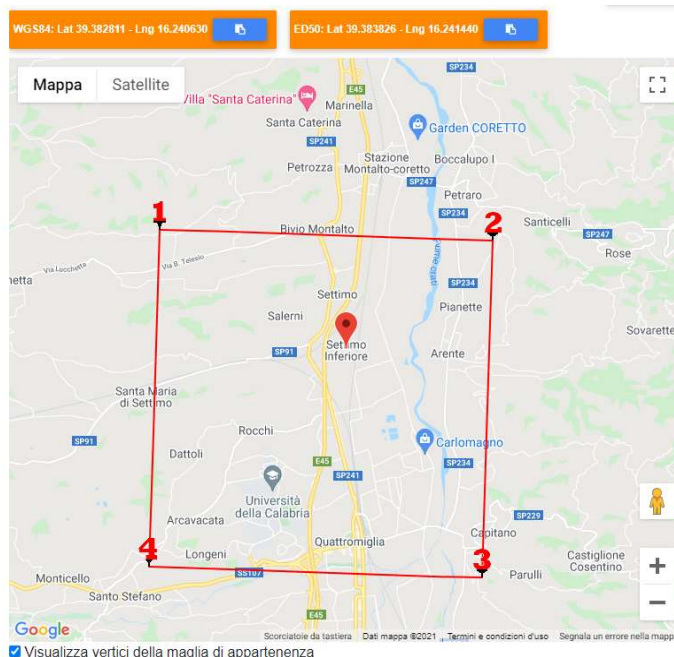
Tabella 4.1: Periodi di ritorno per l'azione sismica, per i diversi stati limite e relativi alla V_R assunta in progetto.

4.2.3 Accelerazione di Riferimento su Suolo Rigido

In allegato alle NTC2018, i valori a_g , F_0 e T_c^* sono forniti per ognuno dei 10751 nodi di un reticolo di riferimento che copre il territorio nazionale. I valori corrispondenti a punti intermedi ai nodi di griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti. Per definire i valori della pericolosità sismica di base, il tracciato è stato suddiviso in due tratte, ed è stato individuato un punto caratteristico specifico per ognuna. Nel dettaglio, è stato individuata la frazione di Settimo Inferiore nel comune di Rende lato Cosenza, e il comune di San Lucido per il lato Paola.

4.2.3.1 Lato Cosenza

Per la parte di tracciato lato Cosenza, si è scelto come punto baricentrico per l'analisi della situazione sismica il comune di Settimo Inferiore. Nell'immagine seguente è possibile vedere l'inquadramento scelto, mentre la tabella riepiloga i dati a_g , F_0 e T_c^* riferiti al sito in esame ed alla V_R assunta (112.5 anni).



	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	39447	39,401700	16,205290	3687,9
Sito 2	39448	39,400090	16,269880	3040,3
Sito 3	39670	39,350120	16,267750	4377,5
Sito 4	39669	39,351730	16,203240	4849,8

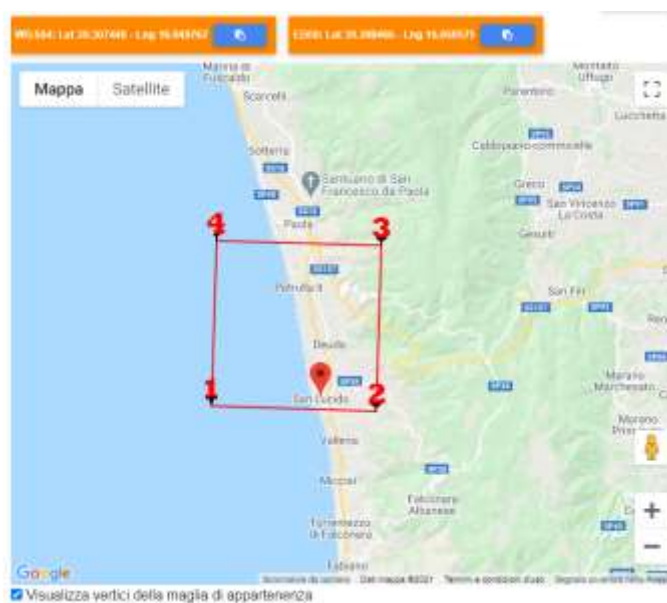
Figura 4.3 Locazione del punto di calcolo dell'azione sismica con NTC18

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	81	68	0.109	2.294	0.316
Danno (SLD)	63	113	0.141	2.338	0.330
Salaguardia della vita (SLV)	10	1068	0.376	2.473	0.410
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2193	0.490	2.515	0.441

Tabella 4.2: Valori di a_g , F_0 e T_c^* , per il Comune di Settimo Inferiore

4.2.3.2 Lato Paola

Per la parte di tracciato lato Paola, si è scelto come punto baricentrico per l'analisi della situazione sismica il comune di San Lucido. Nell'immagine seguente è possibile vedere l'inquadramento scelto, mentre la tabella Tabella 4.3 riepiloga i dati a_g , F_0 e T_c^* riferiti al sito in esame ed alla V_R assunta (112.5anni).



	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	39888	39,306350	16,007640	3701,5
Sito 2	39889	39,304860	16,072170	1900,8
Sito 3	39667	39,354830	16,074120	5538,9
Sito 4	39666	39,356320	16,009590	6382,8

Figura 4.4 Locazione del punto di calcolo dell'azione sismica con NTC18

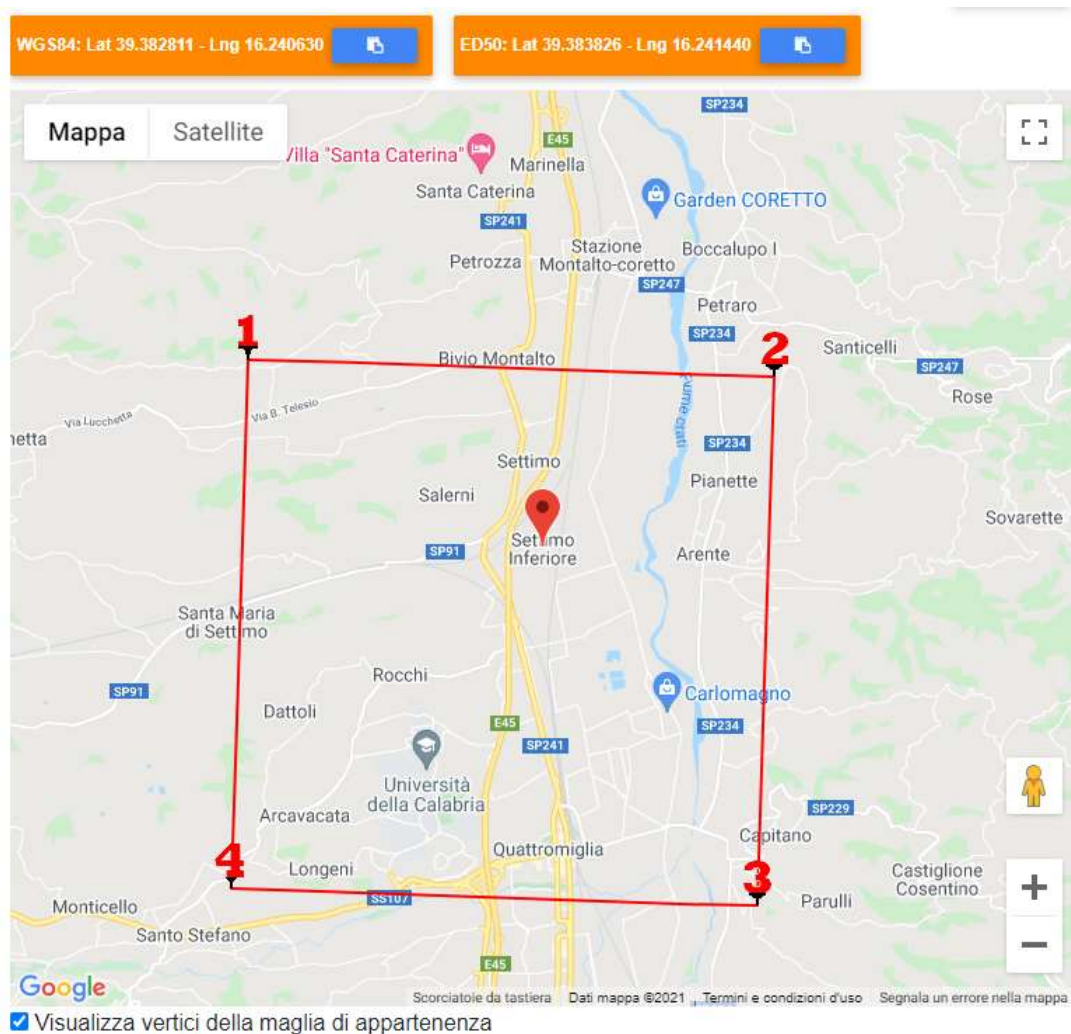
	Prob Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	81	68	0.082	2.368	0.0332
Danno (SLD)	63	113	0.105	2.392	0.349
Salaguardia della vita (SLV)	10	1068	0.269	2.488	0.0433
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2193	0.349	2.553	0.448

Tabella 4.3: Valori di a_g , F_0 e T_c^* , per il Comune di San Lucido

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

4.2.3.3 Scavalco autostrada A2

Per lo scavalco dell'autostrada A2, si sono considerate le stesse coordinate medie utilizzate per la determinazione della risposta sismica di base per il lato Cosenza, ma la classe d'uso è diversa ($C_u = IV = 2$). Nell'immagine seguente è possibile vedere l'inquadramento scelto, mentre la tabella riepiloga i dati a_g , F_o e T_c^* riferiti al sito in esame ed alla V_R assunta (150 anni).



	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	39447	39,401700	16,205290	3687,9
Sito 2	39448	39,400090	16,269880	3040,3
Sito 3	39670	39,350120	16,267750	4377,5
Sito 4	39669	39,351730	16,203240	4849,8

Figura 4.5 Locazione del punto di calcolo dell'azione sismica con NTC18

	Prob Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	F0 [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	90	0.126	2.318	0.325
Danno (SLD)	63	151	0.162	2.360	0.337
Salaguardia della vita (SLV)	10	1424	0.418	2.490	0.422
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0.512	2.522	0.447

Tabella 4.4: Valori di a_g , F0 e Tc*, per il Comune di Settimo Inferiore



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	28 di 156

4.2.4 Risposta Sismica Locale

Per i fini del presente studio, gli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica sono stati valutati sulla base dell'approccio semplificato fornito dalle NTC2018, le quali definiscono un fattore di sito S di amplificazione sismica come funzione sia della categoria di sottosuolo (S_s), sia dell'andamento della superficie topografica (attraverso il coefficiente S_T):

$$S = S_s \cdot S_T$$

In particolare, il sottosuolo viene categorizzato a fini sismici in base alla velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) definita come:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

- h_i = spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ = valore di velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N = numero di strati;
- H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da $V_s \geq 800$ m/s.

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

4.2.4.1 Lato Cosenza

Di seguito si riportano i risultati delle indagini geofisiche svolte nel 2021 per questa fase progettuale - lato Cosenza:

- n°2 prospezioni di sismica di tipo MASW;
- n°2 stendimenti di sismica a rifrazione (SRT) in onda P e Sh;
- n°1 indagini tipo DH.

Dal report finale (documento rif [26]) risulta quanto segue:

L'area è stata indagata attraverso le indagini SRT1, SRT2, MASW1, MASW2 e la DH02. Le indagini MASW e DH, nel settore più orientale, mostrano un graduale aumento delle Vs con le profondità. Inoltre, a circa 5 m dal p.c. si evidenzia la presenza di uno strato caratterizzato da Vs più basse che generano inversioni di velocità sia nelle indagini MASW che DH. Tale decremento delle Vs è riconducibile alla presenza di sabbia ghiaiosa poco compatta, come evidenziato nel sondaggio geognostico SVI-02. L'indagine DH non intercetta il basamento sismico, per cui il valore di Vs equivalente è stato calcolato a partire da fondo foro (20 – 50 m). Nel settore occidentale, le indagini sismiche mostrano delle Vp e Vs che non superano valori di 2500 m/s e 700 m/s, rispettivamente. Inoltre, si evidenzia la presenza di aree dalla forma lenticolare caratterizzate da velocità più alte e, talora, più basse rispetto ai valori delle velocità medie al contorno. Ciò potrebbe essere dovuto a lenti di materiale ghiaioso più o meno compatto; l'assenza di sondaggi geognostici vicini alla linea non ha permesso di vincolare le indagini da un punto di vista lito-stratigrafico.

	Vs,30	SOTTOSUOLO	TOPOGRAFIA
MASW 1	369	C ¹	T1
MASW 2	300	C	T1
DH SVI-02	437	B	T1

Tabella 4.5: Categoria di sottosuolo per le indagini svolte nel 2021

¹ il profilo di velocità, pur presentando una Vs,30 per poco appartenete alla categoria B, presenta una minima inversione di velocità nei primi strati, viene quindi assegnata cautelativamente una categoria C



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	30 di 156

Alla luce dei risultati precedenti, viene assunta cautelativamente per le analisi lato Cosenza una categoria di sottosuolo C. In ogni caso, si suggeriscono comunque approfondimenti per la fasi progettuali successive.

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, sempre sulla base delle informazioni fornite nella Relazione Geologica (Doc. Rif. [29]), il tracciato all'aperto corre all'interno di un sito sostanzialmente pianeggiante e viene classificato in categoria topografica T1 (Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, v. Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018). Pertanto, il fattore di amplificazione topografica risulta $S_T = 1$.

Il fattore di sito S e l'azione sismica di progetto $a_{max} = S \cdot a_g$ ottenuti per la frazione di Settimo Inferiore e per i diversi periodi di ritorno sono riportati in Tabella 4.6.

	Ss [-]	St [-]	a_{max} [m/s ²]	a_{max} [g]
SLO	1.500	1.000	1.61	0.16
SLD	1.500	1.000	2.08	0.21
SLV	1.140	1.000	4.20	0.43
SLC	1.000	1.000	4.80	0.49

Tabella 4.6: Valori dei coefficienti di sito S e dell'accelerazione di progetto a_{max}

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

4.2.4.2 Lato Paola

Di seguito si riportano i risultati delle indagini geofisiche svolte nel 2021 per questa fase progettuale - lato Paola, che ha riguardato le seguenti indagini:

- n°2 prospezioni di sismica di tipo MASW;
- n°5 stendimenti di sismica a rifrazione (SRT) in onda P e Sh;
- n°2 prospezioni di sismica di tipo HVRS;
- n°2 indagini tipo DH.

Dal report finale (Doc. Rif. [26]) risulta quanto segue:

“Il settore settentrionale dell’area è stato indagato con la MASW3 e HVSR3 che hanno evidenziato la presenza di basamento sismico a circa 24 m dal p.c., attribuendo una categoria di suolo tipo B all’area indagata.

Il settore centrale è stato investigato attraverso le tomografie sismiche SRT3 SRT4 e la DH04 che mostrano un graduale aumento delle velocità con la profondità con la presenza di materiale meno compatto nel settore finale della tomografia SRT3 in cui, solo a circa 13 m dal p.c. le Vs aumentano da 350 a 400 m/s. Inoltre, l’indagine DH ha restituito la presenza di basamento sismico a circa 31 m di profondità, per cui la Vs equivalente è stata calcolata nei primi 30 m dal p.c.. Nel settore meridionale dell’area, sono state effettuate tre indagini di sismica a rifrazione (SRT5 SRT6 SRT7), una DH, una indagine MASW e una HVSR. La tomografia sismica SRT7 risulta essere caratterizzata da velocità sismiche più basse rispetto a quelle ottenute dalle altre tomografie; i valori di Vp e Vs, infatti, non superano i 2000 m/s e 450 m/s, rispettivamente. Il sondaggio geognostico SGN07 mostra, infatti, la presenza di argilla limosa e argilla sabbiosa probabilmente caratterizzate da un basso grado di compattazione. Le tomografie SRT5 e SRT6 mostrano un graduale aumento delle velocità sismiche con la profondità, anche se, nel settore finale della SRT6 le velocità sismiche risultano più basse dell’intero stendimento suggerendo la presenza di materiale argilloso meno compatto. Le indagini SRT, in accordo con l’indagine DH, non mostrano la presenza di basamento sismico entro i primi 50 m dal p.c.. La DH mostra un netto aumento delle Vs a circa 5 m dal p.c. identificato dal passaggio tra limo argilloso e argilla marnoso-sabbiosa; tale indagine non intercettando il basamento sismico, restituisce una Vs equivalente di 630 m/s, calcolata da fondo foro.

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

Le indagini MASW4 e HVSR4 sono ubicate nel **settore più meridionale dell'area Paola**, a una distanza dalla linea di costa di circa 78 m.

L'indagine MASW mostra un graduale aumento delle velocità con la profondità, in particolare a circa 9 e 26 m dal p.c.; la MASW, non evidenziando la presenza di basamento sismico, ha restituito una categoria di suolo di tipo B. Tuttavia, il basamento è stato intercettato dall'indagine HVSR4 che lo attesta a circa 272 m dal p.c..”

Nella seguente Tabella sono riassunte le velocità e la categoria di sottosuolo per le prove DH eseguite nel 2017.

	Vs,30	SOTTOSUOLO	TOPOGRAFIA
MASW 3	407	B	T1
MASW 4	388	B	T1
DH SVI-04	425	B	T1
DH SVI-06	630	B	T1

Tabella 4.7: Categoria di sottosuolo per le indagini svolte nel 2021

Nella seguente Tabella sono riassunte le velocità e la categoria di sottosuolo per le prove DH eseguite nel 2017.

	Vs,30	SOTTOSUOLO	TOPOGRAFIA
s1 197+149	422.91	B	T1
S1 198+208	332.17	C	T1
S1 200+072	382.35	B	T1
S1 200+784	364.55	C	T1
S1 201+116	345.85	C	T1
S1 200+587	445.00	B	T1
S1 197+258	517.65	B	T1
S1 197+699	523.69	B	T1
S1 197+975	425.53	B	T1

	Vs,30	SOTTOSUOLO	TOPOGRAFIA
S1 198+805	524.08	B	T1
S1 199+089	462.51	B	T1
S1 199+703	597.43	B	T1
S1 000+601	585.98	B	T1
S1 000+670	428.37	B	T1
S1 001+357	348.01	C	T1

Tabella 4.8: Categoria di sottosuolo per le indagini svolte nel 2017

Alla luce dei risultati precedenti, viene assunta per le analisi lato Paola, una categoria di sottosuolo B. In ogni caso, si suggeriscono comunque approfondimenti per la fasi progettuali successive.

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, sempre sulla base delle informazioni fornite nella Relazione Geologica (Doc. Rif. [29]), il tracciato all'aperto corre all'interno di un sito sostanzialmente pianeggiante e viene classificato in categoria topografica T1 (Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, v. Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018). Pertanto, il fattore di amplificazione topografica risulta $S_T = 1$.

Il fattore di sito S e l'azione sismica di progetto $a_{max} = S \cdot a_g$ ottenuti per il Comune di San Lucido e per i diversi periodi di ritorno sono riportati in Tabella 4.9

	Ss [-]	St [-]	a_{max} [m/s ²]	a_{max} [g]
SLO	1.200	1.000	0.97	0.10
SLD	1.200	1.000	1.23	0.13
SLV	1.130	1.000	2.98	0.30
SLC	1.040	1.000	3.56	0.36

Tabella 4.9: Valori dei coefficienti di sito S e dell'accelerazione di progetto a_{max}

4.2.4.1 Scavalco autostrada A2

Per lo scavalco dell'autostrada A2, a differenza dell'intera linea, valgono le seguenti ipotesi.

VN=75, CU=IV - VR=150 anni

Viene quindi eseguita una valutazione specifica per quanto riguarda le indagini presenti in corrispondenza dello scavalco.

Le indagini nell'intorno sono le seguenti (vedi Figura 4.6):

- ✓ SVI-02
- ✓ MASW_1

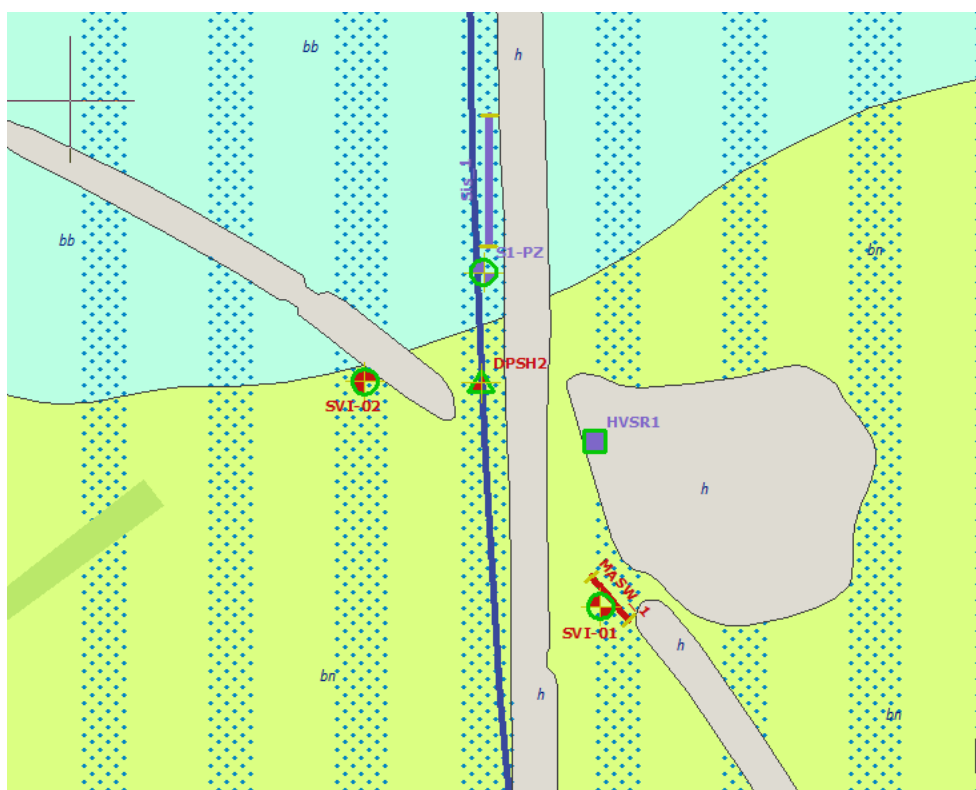


Figura 4.6: ubicazione sulla carta geologica dello scavalco dell'autostrada A2

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

	Vs,30	SOTTOSUOLO	TOPOGRAFIA
MASW1	369	C	T1
DH SVI-02	437	B	T1

Tabella 4.10: Categoria di sottosuolo per le indagini Scavalco A2

Alla luce dei risultati precedenti, viene assunta per le analisi dello Scavalco A2, una categoria di sottosuolo C. In ogni caso, si suggeriscono comunque approfondimenti per la fasi progettuali successive.

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, sempre sulla base delle informazioni fornite nella Relazione Geologica (Doc. Rif. [29]), il tracciato all'aperto corre all'interno di un sito sostanzialmente pianeggiante e viene classificato in categoria topografica T1 (Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, v. Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018). Pertanto, il fattore di amplificazione topografica risulta $S_T = 1$.

Il fattore di sito S e l'azione sismica di progetto $a_{max} = S \cdot a_g$ ottenuti per il sito in questione per i diversi periodi di ritorno sono riportati in Tabella 4.11.

	Ss [-]	St [-]	a_{max} [m/s ²]	a_{max} [g]
SLO	1.500	1.000	1.85	0.19
SLD	1.470	1.000	2.34	0.24
SLV	1.080	1.000	4.42	0.45
SLC	1.000	1.000	5.02	0.51

Tabella 4.11: Valori dei coefficienti di sito S e dell'accelerazione di progetto a_{max}

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

5 CAMPAGNE DI INDAGINE UTILIZZATE PER LO STUDIO GEOTECNICO

Per la redazione del presente studio sono stati utilizzati i risultati delle indagini geognostiche in sito e geotecniche di laboratorio della campagna eseguita da Italferr nel 2021 (Doc.Rif. [24], [25]), nonché risultati di indagini pregresse: studio per il progetto preliminare effettuato nel 2012 (Doc.Rif.[28]) e "Verifiche di vulnerabilità sismica di livello 1 e 2 ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/2003 e s.m.i." effettuato nel 2015-2017 (Doc.Rif. [27]).

Nell'aggiornamento al PFTE di cui fa parte al presente relazione risultano incluse anche delle indagini integrative che hanno riguardato approfondimenti sulla Galleria Santomarco e sul dissesto nella zona della NV07. Considerando che in questo documento ci si riferisce alle sole opere all'aperto, nel seguito vengono confermati i dati commentati nella precedente consegna del PFTE, rimandando agli specifici elaborati integrativi RC1C03R11RHGE0006003A e RC1C03R11PZGE0006001A per le analisi dei nuovi sondaggi SF1 e SF2 dedicati al dissesto.

5.1 CAMPAGNA DI INDAGINE ITALFERR 2021

La campagna di indagini eseguita da ITALFERR nel 2020/21 ha compreso la realizzazione di 13 sondaggi a carotaggio continuo con realizzazione delle seguenti tipologie di prove:

- Installazione di piezometri a tubo aperto;
- prove SPT;
- prove di permeabilità Lefranc;
- prove pressiométrica Menard;
- prove di laboratorio (determinazione dei limiti di Atterberg, determinazione delle principali grandezze fisiche del campione, analisi granulometriche, prove di taglio diretto, prove triassiali, prove edometriche).

Per quanto riguarda indagini geofisiche, sono state eseguite le seguenti indagini:

- n°4 prospezioni di sismica tipo MASW;
- n°7 stendimenti di sismica a rifrazione (SRT) in onda P e SH;
- n°4 prospezioni di sismica di tipo HVSR;
- n°3 indagini tipo Down-Hole in foro.



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	37 di 156

In Tabella 5.1 sono riportati gli identificativi dei sondaggi a carotaggio continuo con le rispettive ubicazioni nel sistema di coordinate WGS84, lunghezze dei sondaggi e tipologie di piezometri utilizzati.

	Nord	Est	quota superficie m slm	profondità m	Piezometro
SGN01	39° 22' 45.08" N	16° 12' 46.04" E	188	35	no
SGN02*	39° 22' 17.34" N	16° 10' 22.18" E	254	125	Tubo Aperto
SGN03*	39° 20' 38.02" N	16° 02' 39.84" E	70	75	Tubo Aperto
SGN06			0	65	
SGN07	39° 20' 12.20" N	16° 02' 27.40" E	34	30	no
SGN08	39° 22' 42.45" N	16° 12' 31.00" E	194	30	Tubo Aperto
SVI01	39° 22' 34.18" N	16° 14' 13.77" E	169	50	no
SVI02	39° 22' 40.83" N	16° 14' 04.99" E	169	50	no
SVI03	39° 22' 49.18" N	16° 13' 45.02" E	167	50	
SVI04	39° 20' 43.8" N	16° 02' 24.60" E	-	50	no
SVI05	39° 20' 57.16" N	16° 02' 15.37" E	6	40	Tubo Aperto
SVI06	39° 20' 08.53" N	16° 02' 34.73" E	26	50	no
SVI07	39° 19' 52.1" N	16° 02' 30.40" E	0	50	no

Tabella 5.1: sondaggi a carotaggio continuo relativi alla campagna ITALFERR del 2021

* i sondaggi SGN02 e SGN03 non sono stati utilizzati ai fine della caratterizzazione geotecnica in quanto inerenti ai tratti in galleria.

In Tabella 5.2 sono riportati gli identificativi dei campioni prelevati all'interno dei suddetti sondaggi e le relative profondità di prelievo.

In particolare, la dicitura "**CR**" si riferisce a campioni rimaneggiati, utilizzati prevalentemente per quantificare pesi specifici, limiti di Atterberg, composizioni granulometriche, ecc.; la dicitura "**CI**" si riferisce invece a campioni indisturbati. Tali campioni sono stati utilizzati per quantificare, oltre alle grandezze già

elencate per i campioni **CR**, anche i parametri di resistenza (tramite prove di taglio diretto e triassiali) e deformabilità (tramite prove di compressibilità edometrica).

		quota superficie	prof.	Down hole	Campioni	SPT	PP/ Vane	Lefranc	press. Menard	Prove Lab
		m slm	m	-	-	-	-	-	-	
lato Cosenza	SGN01	188	35	si	5 CI	10	si	3	3	5
lato Paola	SGN06	0	65	no	3 CI + 3 CR	no	no	2	0	1
lato Paola	SGN07	34	30	no	5 CI	8	si	3	2	4
lato Cosenza	SVI01	169	50	no	5 CI + 1 CR	10	si	3	3	5
lato Cosenza	SVI02	169	50	si	4 CI + 2 CR	10	no	3	3	4
lato Cosenza	SVI03	167	50	no	6 CI	9	si	3	3	6
lato Paola	SVI04	9	50	si	5 CI + 1 CR	9	no	3	3	2
lato Paola	SVI05	6	40	no	5 CR	8	no	3	0	0
lato Paola	SVI06	26	50	si	6 CI	7	si	3	3	3
lato Paola	SVI07	5	50	no	4 CI + 1 CR	3	si	3	2	0

Tabella 5.2: Identificativi dei campioni prelevati e relative profondità di prelievo

L'ubicazione delle prove DPSH, MASW e dei sondaggi, è riportata in Figura 5.1 e Figura 5.2.

Per il dettaglio delle prove si rimanda agli specifici elaborati (repot prove Doc. Rif. [25], profili geologici Doc. Rif.[30] e [31]).

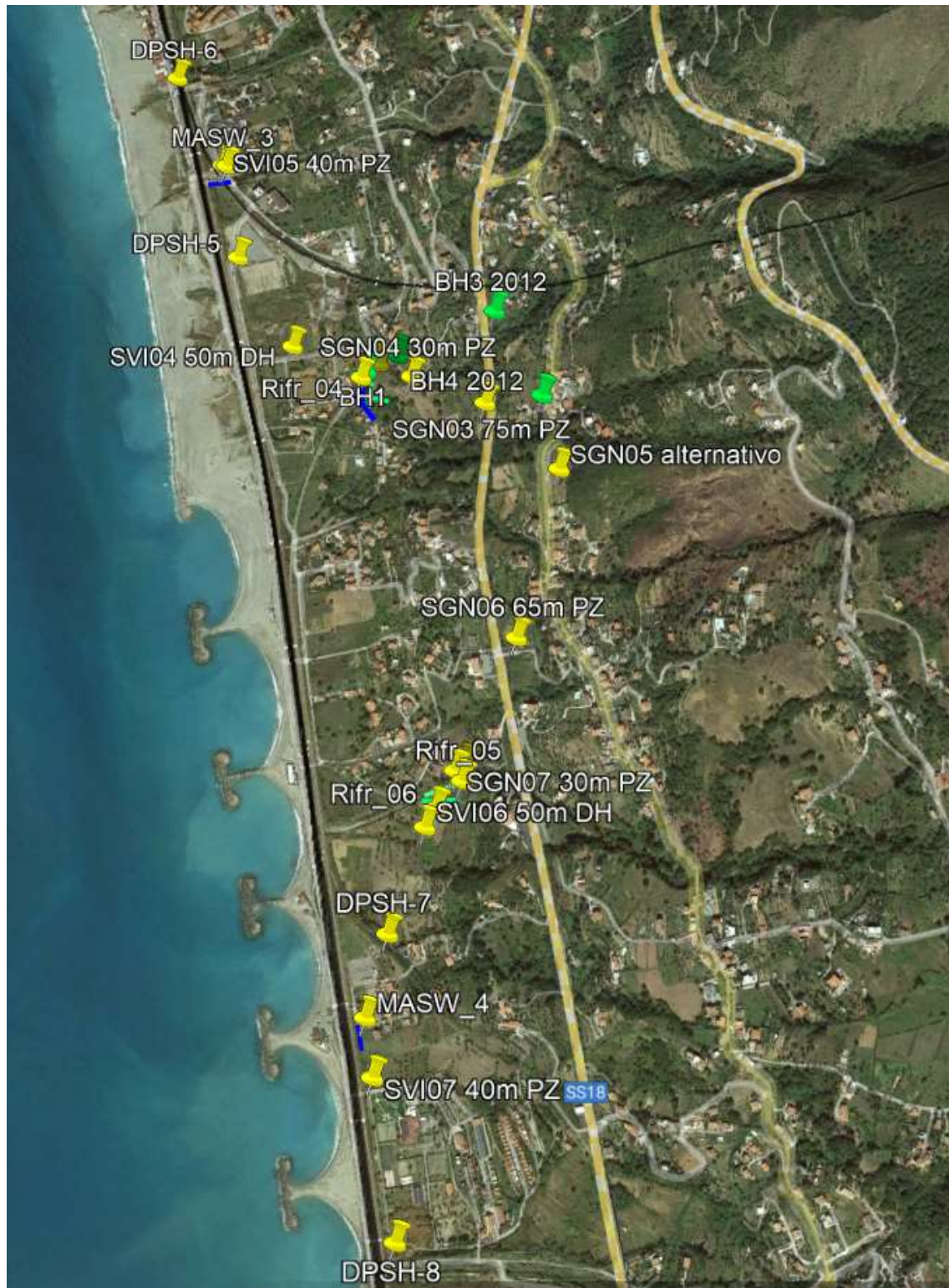


Figura 5.1: Ubicazione prove lato Paola - Google Earth

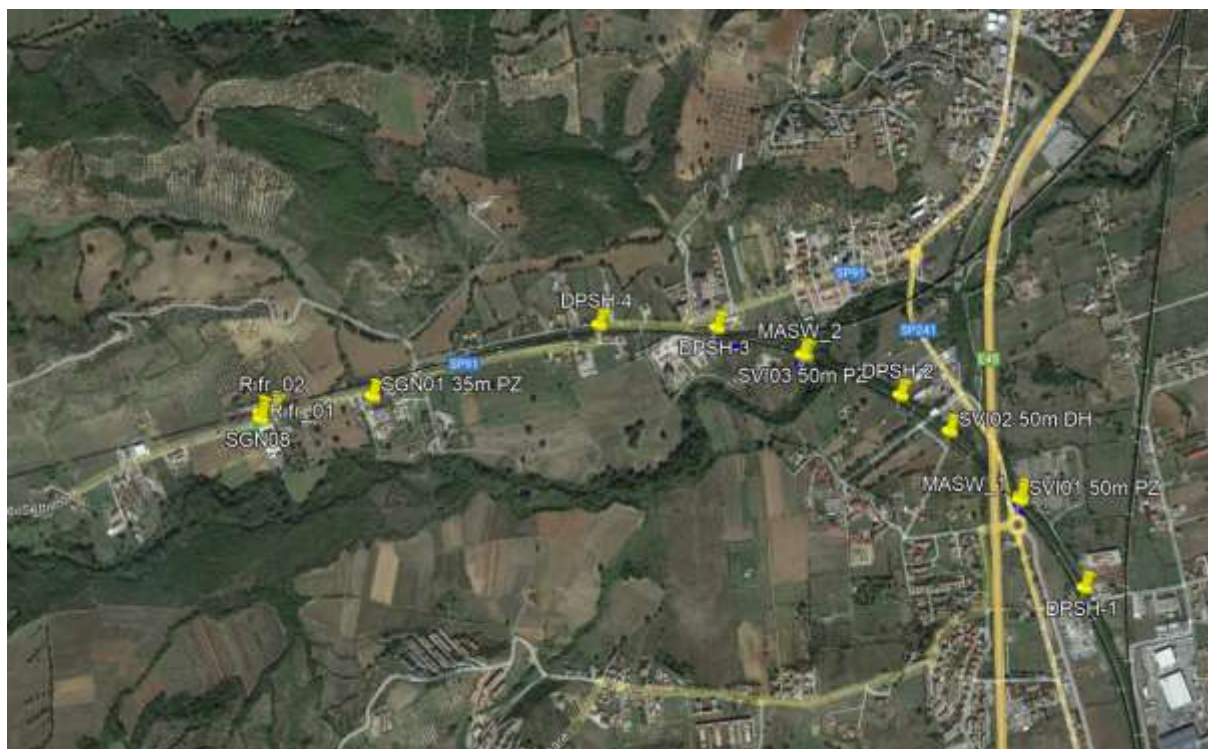


Figura 5.2: Ubicazione prove lato Cosenza - Google Earth

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

5.2 CAMPAGNE DI INDAGINE PREGRESSE

5.2.1 Progetto Preliminare 2012

A seguire si riportano Sondaggi eseguiti nelle campagne di indagine precedenti utilizzate nello studio "Progetto Preliminare 2012". (Doc. Rif [28])

	Nord	Est	quota superficie	profondità	Piezometro
			m slm	m	
BH-01	39° 20' 41.00"N	16° 02' 28.75" E	25	30	Tubo Aperto
BH-02*	39° 20' 42.07" N	16° 02' 32.13" E	35	30	Tubo Aperto
BH-03*	39° 20' 43.64" N	16° 02' 40.69" E	84.5	90	Casagrande
BH-04*	39° 20' 37.62" N	16° 02' 45.20" E	100	100	Tubo Aperto
BH-05	39° 22' 41.76" N	16° 12' 22.68" E	200	30	Tubo Aperto
BH-06	39° 22' 49.69" N	16° 12' 53.89" E	189	30	Tubo Aperto

Tabella 5.3 - Sintesi dei sondaggi geognostici disponibili dalla campagna indagini Interporto

* i sondaggi BH-02, BH-03 e BH-04 non sono stati utilizzati ai fine della caratterizzazione geotecnica in quanto inerenti ai tratti in galleria.

		quota superficie	prof.	Down hole	Campioni	SPT	PP/Vane	Lefranc	press. Menard	Dilatometriche	Prove Lab
		m slm	m	-	-	-	-	-	-		
Lato Cosenza	BH-01	188	30	-	6 CR	6	-	2	-	-	-
Lato Cosenza	BH-02	0	30	-	5 CR	2	4	2	-	-	-
Lato Cosenza	BH-03	34	90	-	9 CR	2	-	3	-	1	-
lato Cosenza	BH-04	169	100	-	10 CR	1	3	1	2	-	-
Lato Paola	BH-05	169	30	-	4 CI + 3CR	4	32	2	-	-	4
Lato Paola	BH-06	167	30	-	1 CI + 5 CR	6	27	6	-	-	1

Tabella 5.4: Identificativi dei campioni prelevati e relative profondità di prelievo

Per il dettaglio delle prove si rimanda agli specifici elaborati (Doc. Rif.[28], profili geologici Doc. Rif.[30] e [31]).

5.2.2 Indagini RFI 2017

A seguire si riportano Sondaggi eseguiti nelle campagne di indagine relative alle "Verifiche di vulnerabilità sismica di livello 1 e 2" su infrastrutture esistenti. (Doc. Rif [27])

	Nord	Est	quota superficie	profondità	Piezometro
			m slm	m	
s1 197+149	39.358288°N	16.033395°E	-4.8	30	--
S1 198+208	39.349146°N	16.036723°E	-4.6	30	--
S1 200+072	39.332653°N	16.040910°E	-5.0	30	--
S1 200+784	39.326405°N	16.042757°E	-3.5	30	--
S1 201+116	39.323458°N	16.042965°E	-4.5	30	--
S1 200+587	39°19'41.12"	16° 2'31.51"	4.9	30	--
S1 197+258	4356926.11 N	589111.58 E	8	35	--
S1 197+699	4356542.33 m N	589230.9 m E	6	35	--
S1 197+975	4356249.37 m N	589272.36 m E	6	35	--
S1 198+805	4355464.00 m N	589529.00 m E	9	35	--
S1 199+089	4355165.50 m N	589555.77 m E	7	35	--
S1 199+703	4354585.56 m N	589662.95 m E	6	35	--
S1 000+601	4355523.66 m N	589716.57 m E	15	40	--
S1 000+670	4355450.08 m N	589673.43 m E	14	35	--
S1 001+357	4356141.548 m N	589532.215 m E	7	35	--

Tabella 5.5 - Sintesi dei sondaggi geognostici disponibili dalla campagna indagini Interporto

	quota superficie	prof.	Down hole	Campioni	SPT	PP/ Vane	Prove Lab
	m slm	m	-	-			
S1 197+149	-4.8	30	si	--	8	--	--
S1 198+208	-4.6	30	si	2 CI	6	1+1	1TD – 1TxCIU
S1 200+072	-5.0	30	si	2 CI	6	1+1	1TD – 1TxCIU
S1 200+784	-3.5	30	si	2 CI	6	--	1TD – 1TxCIU
S1 201+116	-4.5	30	si	2 CI	6	1+1	1TD – 1TxCIU
S1 200+587	4.9	30	si	--	5	--	
S1 197+258	8	35	si	2 CR	4	--	
S1 197+699	6	35	si	4 CI + 2 CR	3	--	3TD – 1TxCU
S1 197+975	6	35	SI	1 CI + 2 CR	5	--	1TD
S1 198+805	9	35	si	2 CI + 2 CR	3	--	2TD
S1 199+089	7	35	si	2 CR	4	--	
S1 199+703	6	35	si	2 CI + 2 CR	2	--	2 TD
S1 000+601	15	40	si	2 CI + 2 CR	2		2 TD
S1 000+670	14	35	si	2 CI+ 2 CR	4		2 TD
S1 000+670		35	si	2 CR	4		

Tabella 5.6: Identificativi dei campioni prelevati e relative profondità di prelievo

Per l'ubicazione delle prove si rimanda agli specifici elaborati (profili geologici Doc. Rif.[30] e [31]).

6 INDICAZIONI SULLA FALDA

Le caratteristiche idrogeologiche generali dell'area in esame sono descritte in uno specifico capitolo della Relazione Geologica (Doc. Rif.[29])

I livelli di falda sono stati definiti in primo luogo sulla base delle letture piezometriche disponibili effettuate nell'ambito della campagna Italferr 2021.

In particolare, la Tabella 6.1 contiene una sintesi delle misurazioni eseguite in corrispondenza delle operazioni di perforazione e in una successiva misurazione.

I valori dei livelli di falda z_w sono espressi in metri come soggiacenza della stessa dal piano campagna. Nella stessa tabella sono indicati i sondaggi presi a riferimento.

	27/07/2012 [m da pc]	04/07/2021 [m da pc]
SGN-01		2.20
SGN-06		20.50
SGN-07		5.10
SGN-08		7.30
SVI-01		5.50
SVI-03		3.90
SVI-05		4.45
SVI-07		4.5
BH-01	6.20	
BH-02	6.10	
BH-03	3.90	
BH-04		
BH-05	2.80	
BH-06	5.30	

Tabella 6.1: letture piezometriche aggiornate ai dati disponibili



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	45 di 156

In sintesi, sono stati definiti i livelli di falda di progetto riportati nella tabella seguente, in coerenza con quanto indicato nelle tavole geologiche e idrogeologiche. L'andamento della falda di progetto lungo il tracciato è invece indicato nel profilo geotecnico (Rif. Doc. [32] e [33])

Tratta	Falda da p.c. z_w [m]
Lato Cosenza	4-5 nella zona pianeggiante 2-7m nella parte di approccio alle gallerie
Lato S. Lucido	4-5
Lato Paola	2-3

Tabella 6.2: profondità media della falda

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

7 UNITÀ GEOTECNICHE

A partire dal modello geologico locale e sulla base dell'interpretazione dei risultati delle indagini disponibili, sono state identificate le unità geotecniche di riferimento, cioè unità aventi comportamento omogeneo dal punto di vista meccanico.

Per l'individuazione delle unità geotecniche sono stati analizzati e correlati i dati stratigrafici corrispondenti alle verticali di sondaggio delle diverse campagne di indagine e i risultati delle prove in sito e di laboratorio disponibili.


Nei profili geotecnici sono rappresentati in maniera distinta le verticali di indagine della campagna Italferr 2021 e le verticali relative a campagne di indagine pregresse.

I criteri e le correlazioni utilizzate per la interpretazione delle prove geotecniche in sito e di laboratorio e per la definizione dei valori caratteristici dei parametri meccanici delle singole unità geotecniche sono illustrati rispettivamente nei capitoli 8 e 9.

7.1 DEFINIZIONE DELLE UNITA' GEOTECNICHE

Nella tabella di seguito è riportata la denominazione delle principali unità geotecniche individuate sulla base delle corrispondenti unità geologiche. Come si noterà, l'assetto geotecnico si differenzia da quello rappresentato nei profili geologici (Doc. Rif [30],[31]), solo per l'accorpamento dei depositi superficiali, avendo considerato le unità *bb* e *bn* lato Cosenza come un'unica unità **DA** “**Depositi Alluvionali**”, e analogamente per il lato Paola le unità *g2* e *gn* come **DM** “**Depositi Marini**”.

Inoltre, considerando la peculiare e incerta distribuzione della unità geologica **SCM** rappresentata dai profili geologici (lato Paola – Ref. Doc. [30][31]), nei profili geotecnici si è deciso di trascurare la presenza della stessa e assumere la sola presenza della unità **ATS**, come già indicato in precedenza (paragrafo 4.1.4)

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B



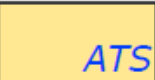

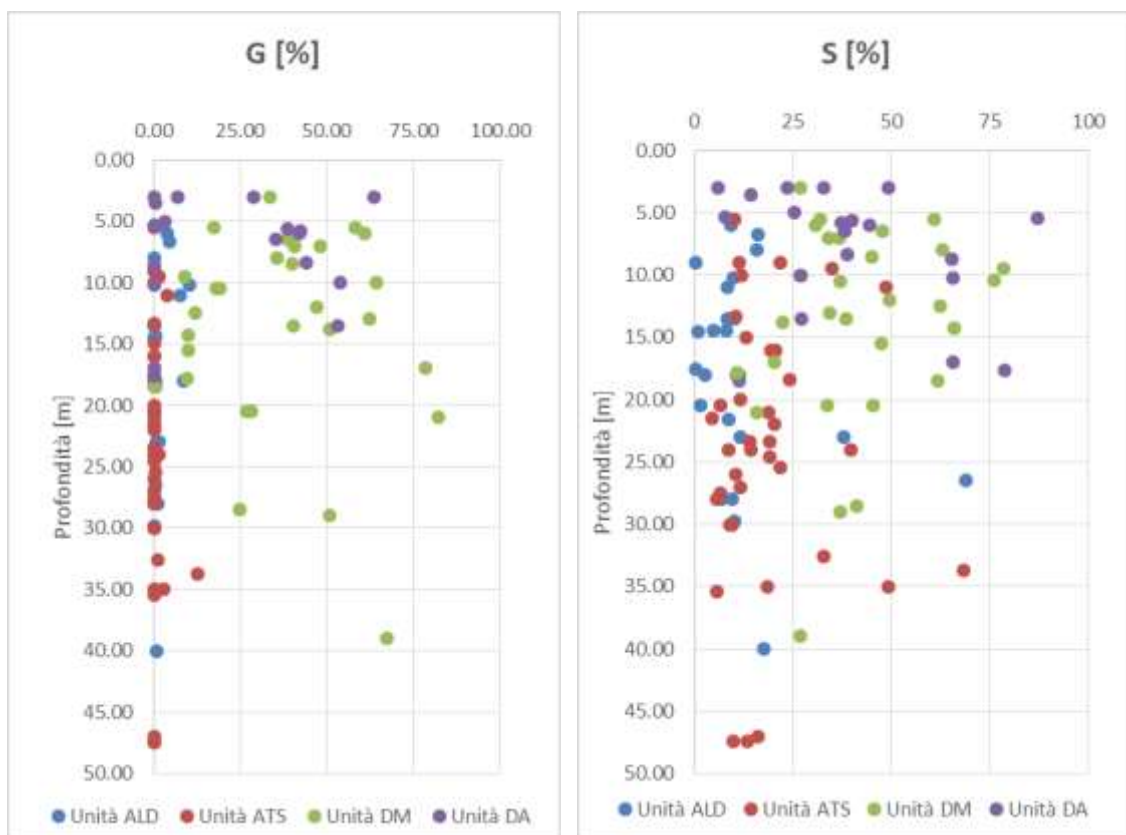
Unità DA: Depositi Alluvionali (Successioni Continentali Quaternarie)		
	Ghiaie eterometriche, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa	Ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, talora da poco a mediamente cementate; sabbie e sabbie limose a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, a luoghi debolmente cementate.
Unità DM: Depositi Marini (Successioni Marine Quaternarie)		
	Ghiaie eterometriche, in matrice sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa	Ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, talora da poco a mediamente cementate; sabbie e sabbie limose a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, a luoghi debolmente cementate, talora sono presenti livelli di limi argilloso-sabbiosi.
Unità ATS: Successioni Marine Plio-Pleistoceniche		
	Argille limose e limi argillosi	Argille limose e limi argillosi grigi e grigio-azzurri, con frequenti intercalazioni millimetriche e centimetriche di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi; talora sono presenti passaggi decimetrici di sabbie e sabbie limose; a luoghi si rinvencono lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate, in matrice sabbioso limosa, da scarsa ad abbondante.
Unità ALD: Successioni Marine Mioceniche		
	Argille limose / marnose	Argille limo e argille marnose, in genere sottilmente stratificate, locali livelli di argille nodulari e frequenti intercalazioni millimetriche e centimetriche di sabbie e sabbie limose, a struttura indistinta o laminata. A luoghi si rinvencono intercalazioni di arenarie, calcari e marne, finemente laminate, e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche in abbondante matrice sabbioso-limosa.

Tabella 7.1: Tabella riassuntiva delle unità geotecniche

7.2 GRANULOMETRIE E COMPORTAMENTO ATTESO DEI TERRENI INDAGATI

Per una prima interpretazione granulometrica, in Figura 7.1 si riportano le percentuali di Ghiaia, Sabbia, Argilla e Limo riscontrate nelle unità analizzate; si può notare come per le unità argillose ATS e ALD prevalgano nettamente le granulometrie fini (coerentemente alla loro definizione), mentre per le due unità geotecniche DA e DM dei depositi superficiali la parte incoerente (G+S) sia predominante.



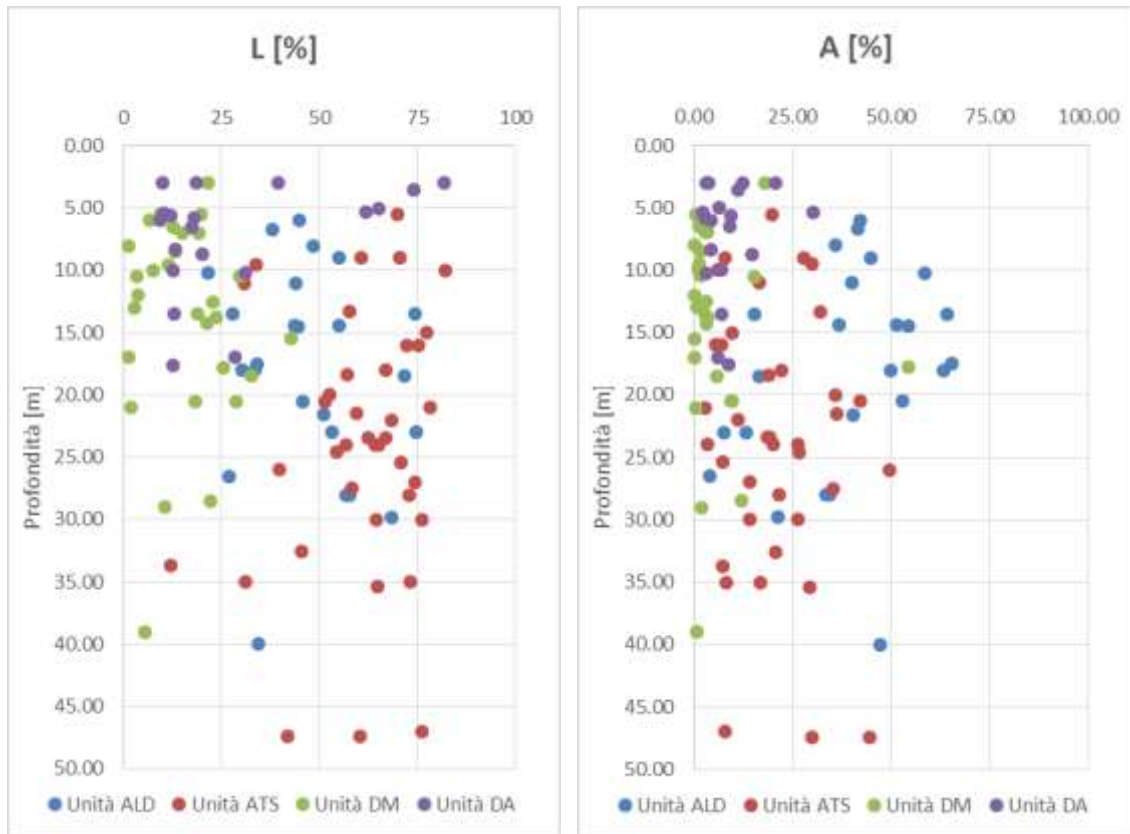


Figura 7.1: Distribuzione granulometrica per le unità geotecniche analizzate

7.3 CONSIDERAZIONI SU CONVERSIONE DA N_{20} (DPSH) A N_{SPT}

Per quanto riguarda le prove DPSH si è proceduto ad individuare un coefficiente di sito per convertire gli N_{20} misurati in N_{SPT} . In sostanza, sono stati posti a confronto i valori ottenuti dai due tipi di prove sui terreni di interesse, in modo da ricavare direttamente dall'indagine in sito una correlazione specifica. Di seguito vengono analizzate le due unità incoerenti **DA** e **DM**.

7.3.1 Unità DA

Nella Figura 7.2 a sinistra vengono riportati i valori di N_{20} delle prove DPSH1, DPSH3 e DPSH4 in confronto agli NSPT. Dopo aver individuato il valore medio rispettivo per ogni prova (20 per le prove DPSH e 50 per le SPT) è stato calcolato il coefficiente di conversione di sito, che in questo caso vale 2.5. Nella stessa figura a destra sono riportati i valori a seguito della conversione.

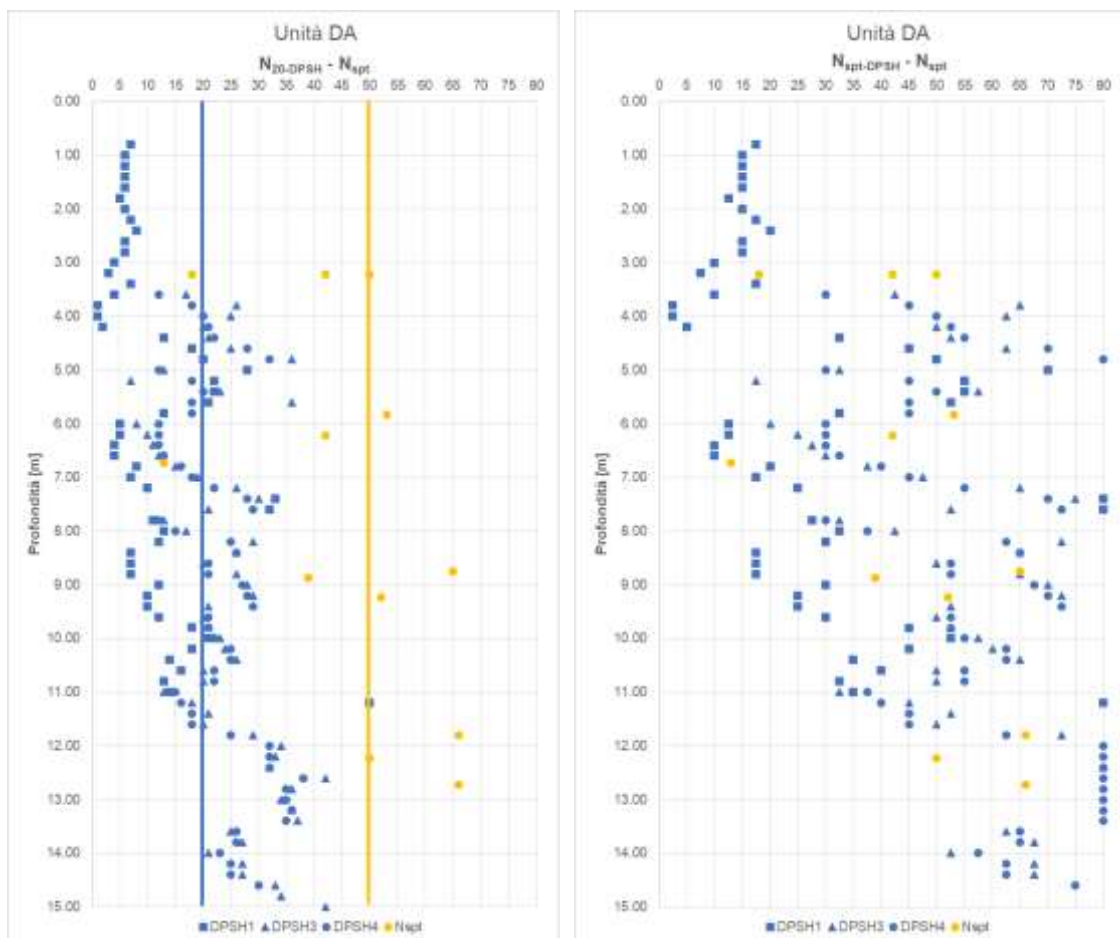


Figura 7.2: Andamento con la profondità dei valori N ottenuti dalle prove DPSH prima e dopo l'individuazione del coeff. correttivo di sito (unità DA)

7.3.2 Unità DM

Nella Figura 7.3 a sinistra vengono riportati i valori di N_{20} delle prove DPSH5, DPSH6, DPSH7 e DPSH8 in confronto agli N_{SPT} . Dopo aver individuato il valore medio rispettivo per ogni prova (17-18 per le prove DPSH e 45 per le SPT) è stato calcolato il coefficiente di conversione di sito, che in questo caso vale 2.5. Nella stessa figura a destra sono riportati i valori a seguito della conversione.

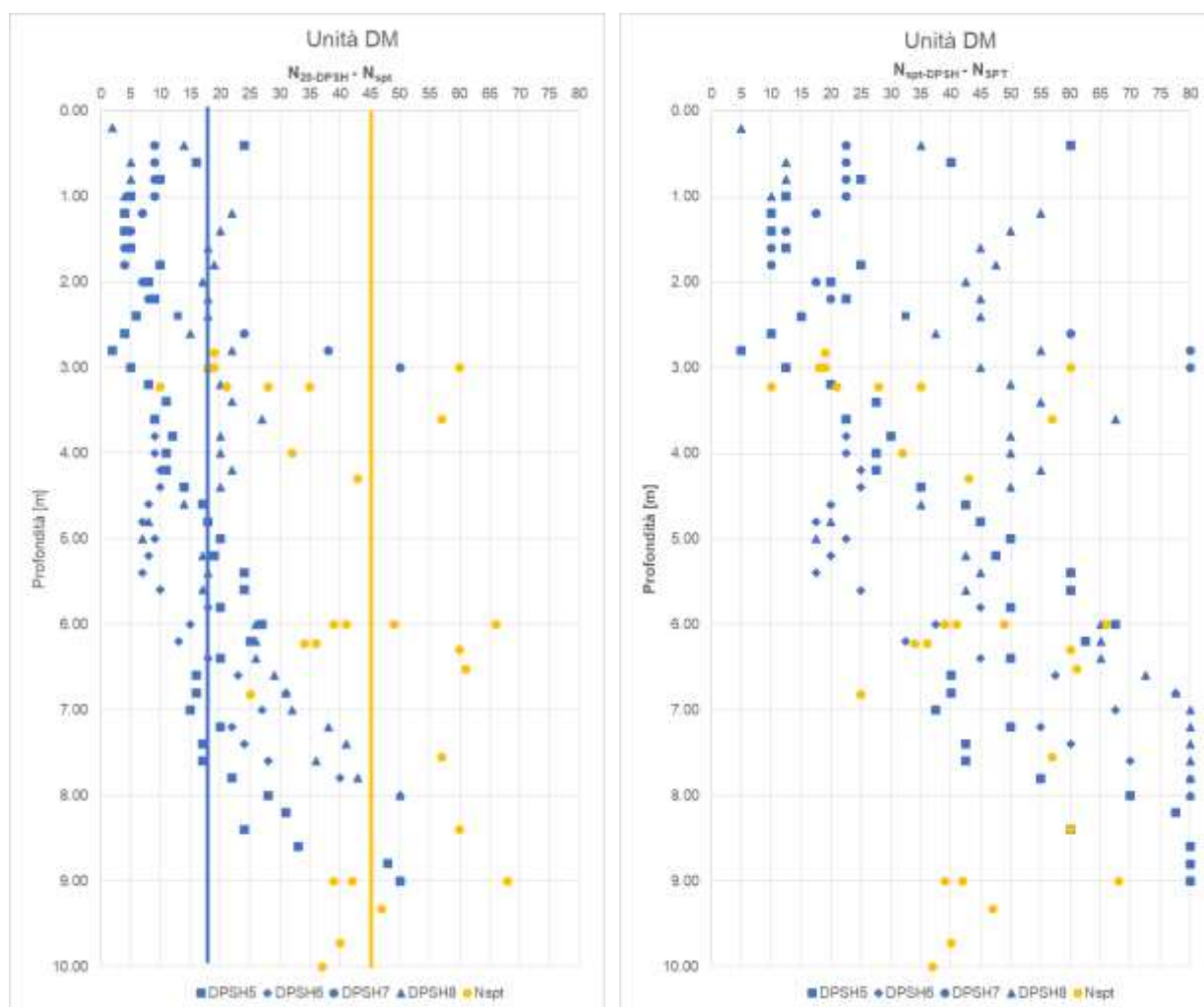


Figura 7.3: Andamento con la profondità dei valori N ottenuti dalle prove DPSH prima e dopo l'individuazione del coeff. correttivo di sito (unità DM)

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B	FOGLIO 52 di 156

8 CRITERI E CORRELAZIONI UTILIZZATI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

8.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Tra i criteri adottati per la caratterizzazione geotecnica dei terreni si è tenuto conto che nell'area di studio sono presenti sia formazioni classificabili a "comportamento coesivo", sia formazioni a comportamento più spiccatamente "granulare".

In particolare, le unità geotecniche **ATS** e **ALD** sono state classificate a comportamento coesivo, mentre le unità **DA** e **DM** sono state classificate a comportamento "granulare".

In funzione di tale schematica suddivisione sono state implementate le correlazioni ritenute più significative per la determinazione dei parametri di resistenza e di deformabilità di interesse, a partire dai risultati delle prove in sito e delle prove di laboratorio.

Si osserva che tra i criteri utilizzati per la definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici è inclusa l'effettuazione di un'analisi comparativa finalizzata alla migliore stima: i valori ottenuti dalla interpretazione delle prove disponibili sono stati analizzati criticamente e confrontati con i valori riferiti agli stessi parametri ma ottenuti con diverse metodologie.

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

8.2 TERRENI COESIVI

Di seguito si riportano i criteri e correlazioni utilizzati per caratterizzare i terreni prevalentemente coesivi.

8.2.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

La valutazione dei parametri di stato e delle caratteristiche fisiche verrà fatta principalmente sulla base dell'interpretazione delle prove di laboratorio.

In particolare, verranno criticamente discussi i dati relativi ai pesi di volume, limiti di Atterberg, ecc. e sarà stimato il grado di sovraconsolidazione $OCR = \sigma_{vmax}' / \sigma_{vo}'$, essendo σ_{vmax}' la pressione di preconsolidazione desumibile dalle prove edometriche con la nota costruzione di Casagrande e σ_{vo}' la pressione verticale efficace geostatica.

Ove appropriato, l'OCR verrà valutato anche sulla base della seguente espressione (Koutsoftas and Ladd, 1985 - Doc. [8]):

$$\frac{s_u}{\sigma_{vo}'} = (0.22 \pm 0.03) \cdot OCR^{0.8}$$

dove $s_u = C_u$ = resistenza al taglio in condizioni non drenate determinata con prove di laboratorio o con l'interpretazione delle prove CPTU o SPT in accordo a quanto descritto nel paragrafo successivo.

La classificazione dei terreni in esame sarà altresì completata verificando la distribuzione dei dati ottenuti dalle prove di laboratorio sulla Carte di Plasticità di Casagrande e sulla Carta dell'Attività. I citati diagrammi consentiranno di individuare le classi in termini di natura (organica e inorganica), compressibilità, plasticità e attività, quest'ultima di particolare importanza per individuare terreno potenzialmente soggetti a consolidazione secondaria.

8.2.2 Parametri di resistenza

8.2.2.1 Condizioni non drenate

La resistenza al taglio non drenata c_u dei terreni coesivi è stata valutata facendo riferimento ai risultati delle prove di laboratorio disponibili e sulla base delle misurazioni effettuate in sito, oppure facendo ricorso a specifiche correlazioni con prove SPT, come qui specificato.

8.2.2.1.1 Coesione non drenata da prove di laboratorio

Le prove di laboratorio disponibili nel presente progetto per la misura della c_u sono

- n.8 triassiali TxUU,

Nel successivo capitolo 8 verranno confrontati e discussi i valori ottenuti dalle citate prove.

8.2.2.1.2 Coesione non drenata da pocket penetrometer e torvane

Una prima utile valutazione sull'andamento della c_u con la profondità per ogni sondaggio sarà effettuata stimandone i valori dalle resistenza misurate con il penetrometro (*pocket penetrometer*) e con lo scissometro tascabile (*pocket vane test*); nello specifico la coesione non drenata sarà considerata pari alla metà della resistenza misurata dal primo (moltiplicata per un fattore riduttivo pari a 0,8, Look (2004) Doc.Rif. [9]) e pari allo stesso valore della resistenza misurata dal secondo. I valori così ricavati, consentiranno di produrre dei profili con la profondità del parametro da comparare ai valori ottenuti con le altre procedure.

8.2.2.1.3 Coesione non drenata da prove SPT

La resistenza al taglio non drenata di materiali saturi sotto falda, associabile a quella di prove triassiali di compressione e carico, consolidate alle tensioni efficaci geostatiche, può essere stimata adottando la correlazione empirica proposta da Stroud (1974), dalla quale risulta:

$$c_u = f_1 N_{SPT} \text{ (kPa)}$$

dove f_1 =coefficiente variabile in funzione dell'indice di plasticità come da Figura 8.1.

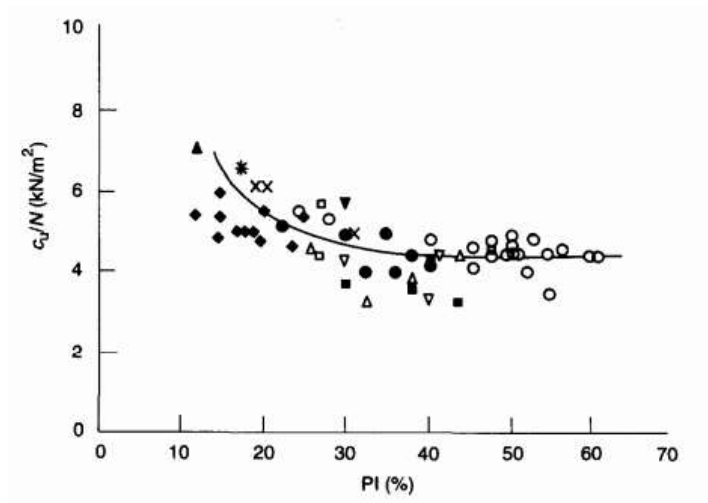


Figura 8.1 Variazione del coefficiente f1 in funzione dell'indice di plasticità

8.2.2 Condizioni drenate

8.2.2.2.1 Angolo d'attrito e coesione efficace da prove di laboratorio

Le prove di laboratorio disponibili nel presente progetto per la misura della angolo di attrito e della coesione efficace sono:

- n.9 triassiali TxCU;
- n. 41 TD.

Nel successivo capitolo 8 verranno confrontati e discussi i valori ottenuti dalle citate prove.

8.2.3 Parametri di rigidezza

In questo paragrafo verranno brevemente descritte le procedure che saranno utilizzate per assegnare alle unità coesive i valori dei moduli di rigidezza.

8.2.3.1 Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio

In prima istanza saranno valutati i principali parametri ricavabili dalle prove edometriche disponibili, che per il caso in esame risultano in numero di 15. A seguire si riportano definizioni e descizioni sintetiche dei citati parametri.

8.2.3.1.1 Coefficienti di compressibilità e modulo edometrico

A partire dai risultati delle prove edometriche, sarà possibile valutare i parametri di compressibilità CC (indice di compressione) e CS (indice di rigonfiamento), ovvero rispettivamente le pendenze della curva di compressione vergine e della curva di scarico ricostruite nel piano $\log \sigma'_v - e$.

Sarà poi calcolato il Modulo Edometrico ($E_{ed}=M$) applicando la seguente espressione valevole per il tratto di compressione vergine

$$M = 2,3 \cdot \frac{(1 + e_0)}{C_c} \cdot \sigma'_v$$

Nel caso di condizione di sovraconsolidazione, nella precedente espressione può essere sostituito C_c con C_s per ottenere il valore del modulo nel tratto di rigonfiamento.

8.2.3.1.2 Coefficiente di consolidazione primaria

I coefficienti di consolidazione primaria c_v , applicabili a problemi di flusso in direzione verticale, saranno ricavati dalla seguente relazione:

$$\frac{k}{\gamma_w \cdot m_v} = c_v$$

dove

- $m_v = 1/E_{ed}$;
- $k^2 =$ coefficiente di permeabilità ottenuto da prova edometrica.

² Ai fini applicativi il valore di c_v potrà essere anche ricavato a partire da dati di permeabilità ottenuti da prove in sito che, solitamente, risultano maggiormente rappresentative per questioni di scala e per il frequente disturbo dei campioni sotto posti a prove edometriche.

8.2.3.1.3 Coefficiente di consolidazione secondaria

Per i terreni coesivi in grado di sviluppare fenomeni di consolidazione secondaria è necessario stimare il coefficiente di consolidazione secondaria $C_{\alpha\varepsilon}$, al fine di calcolare i cedimenti dovuti alle deformazioni viscosi dello scheletro solido del terreno.

Una prima valutazione sul potenziale comportamento viscoso dei terreni verrà effettuata a partire delle carte di plasticità e di attività, oltre che dalle descrizioni geologico/stratigrafiche.

Il calcolo del coefficiente $C_{\alpha\varepsilon}$ sarà effettuato a partire dai risultati delle prove edometriche, confrontando i valori ottenuti con quelli disponibili in letteratura per terreni simili. Per ogni prova edometrica disponibile, saranno estratti i valori

$$C_{\alpha\varepsilon} = \Delta\varepsilon / \Delta \log[t] = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) / (\log[t_1] - \log[t_2])$$

come rapporto tra la variazione di deformazione tra due istanti di tempo t_1 e t_2 e la variazione logaritmica di tali tempi, prendendo a riferimento la porzione terminale dei diagrammi “deformazione-tempo”, cioè la pendenza della retta della consolidazione secondaria individuata nel piano semilogaritmico $\varepsilon - \log t$ (vedi esempio in Figura 8.2).

Diagrammi cedimenti - tempo

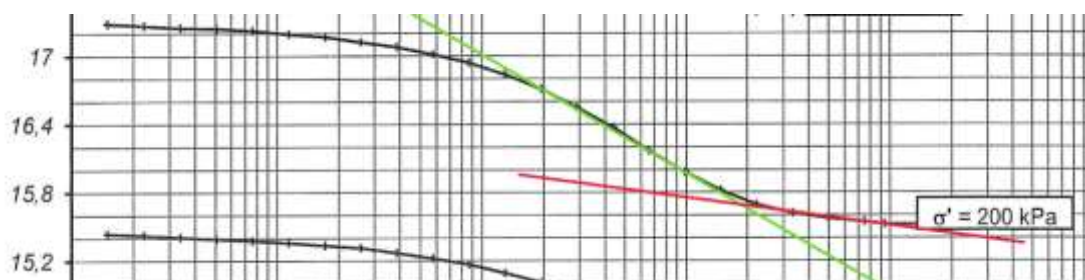


Figura 8.2: Esempio di costruzione per la valutazione del coefficiente di consolidazione secondaria (retta rossa per la valutazione del coefficiente $C_{\alpha\varepsilon}$).

8.2.3.2 Modulo elastico a basse deformazioni

I moduli elastici di taglio (G_0) e di Young (E_0) a basse deformazioni possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s utilizzando le seguenti equazioni:

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9,81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

essendo

- γ_t = peso di volume naturale del terreno in kN/m^3 ;
- ν' = rapporto di Poisson del terreno;
- V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio in m/s .

La velocità di propagazione delle onde di taglio V_s può essere invece ottenuta da misure dirette tramite prove geofisiche *Down-Hole*, *Cross-Hole*, *S-CPT*, ecc. o eventualmente estratte da correlazioni con altre prove in sito tipo SPT e CPT.

In alternativa, le V_s possono essere ricavate ricorrendo alla correlazione con N_{SPT} proposta da Ohta e Goto (1978) e di seguito riportata:

$$V_s = 54.33 \cdot (N_{\text{SPT}})^{0.173} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \left(\frac{Z}{0.303} \right)^{0.193}$$

In cui α è il fattore che dipende dall'età del deposito (Olocene=1.000, Pleistocene=1.303) e β dalle caratteristiche granulometriche dei terreni indagati (f_g = fattore geologico (argille $f_g=1$ - sabbia fine=1.09 - sabbia media=1.07 - sabbia grossa=1.14 - sabbia ghiaiosa =1.15 - ghiaia=1.45).

8.2.3.3 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

Da Prove Pressiometriche in foro

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche sono state effettuate n°. 24 prove Pressiometriche di tipo Menard per la caratterizzazione geotecnica dei materiali.

La prova pressiométrica si effettua entro un sondaggio di diametro convenzionale e consiste nell'applicare progressivamente una pressione radiale, per mezzo di una sonda dilatante, all'interno del sondaggio, misurando lo spostamento che induce nel terreno circostante. Una volta raggiunta la pressione massima ammissibile, si procede a scaricare il pressiometro, per gradi, misurando le deformazioni durante la fase di scarico. Nella prova di tipo Menard (MPM), la sonda espandibile è installata in un foro precostituito. In base alla tipologia e alle caratteristiche del terreno indagato, si ottiene la curva pressioni-deformazioni, nella quale si distinguono una fase iniziale (o di messa in contatto della sonda con le pareti del sondaggio), una fase elastica lineare ed un'ultima fase plastica (o di deformazioni irreversibili), fino al punto di rottura del materiale.

Curva di espansione

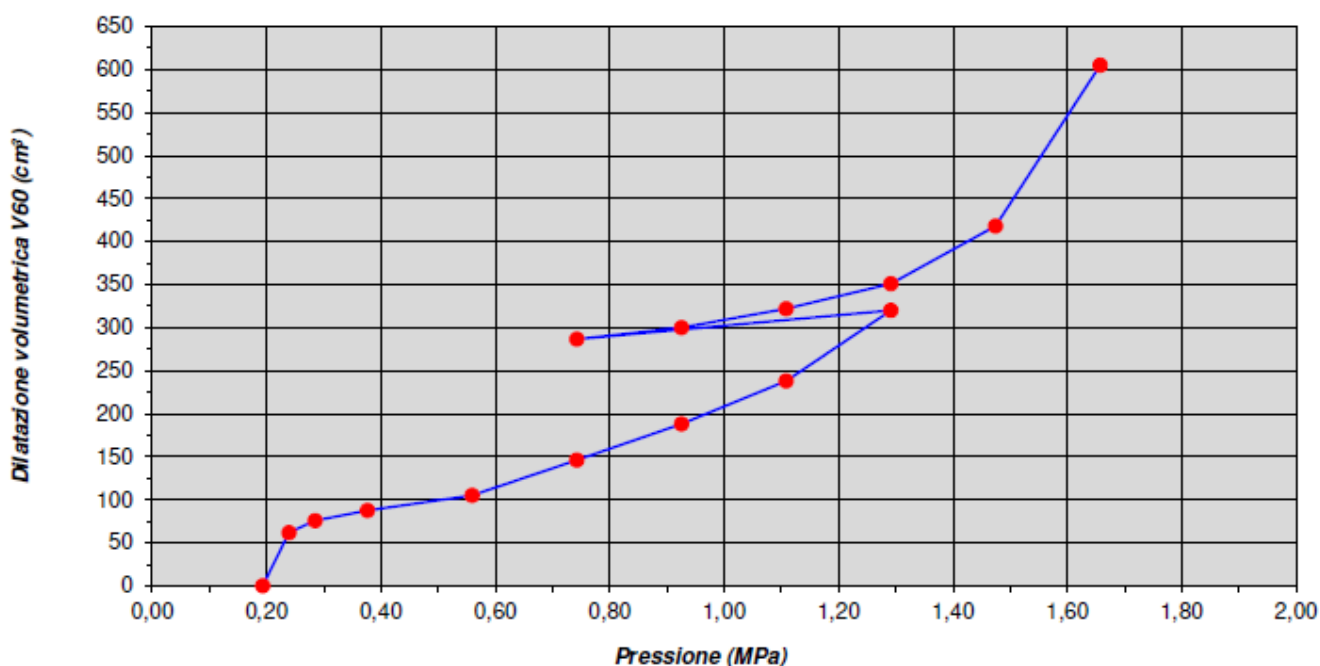


Figura 8.3: Esempio di curva pressiométrica (prova P1 in SGN-01)

In base a questa curva è possibile, si calcola la pressione di scorrimento (P_F , ovvero la pressione alla quale il materiale cessa di comportarsi elasticamente), e la pressione limite (P_L , che rappresenta la pressione alla quale avviene la rottura del terreno. Infine si ottiene il modulo di deformazione pressiometrico E_p , in base alla seguente espressione:

$$E_p = (1 + \nu) \cdot M \cdot r,$$

ove è il coefficiente di Poisson, M è la rigidezza del terreno (calcolata dalla pendenza del tratto elastico della curva pressiometrica) e r è il raggio del foro del sondaggio.

Una volta ottenuto il modulo pressiometrico, è possibile ricavare il modulo di Young (E) applicando un fattore reologico α in funzione del tipo di materiale e del suo grado di consolidazione (si veda Tabella sottostante): $E = E_p / \alpha$.

Soil type	Peat		Clay		Silt		Sand		Sand and gravel	
	E/p_L^*	α	E/p_L^*	α	E/p_L^*	α	E/p_L^*	α	E/p_L^*	α
Over-consolidated			> 16	1	> 14	2/3	> 12	1/2	> 10	1/3
Normally consolidated	For all values	1	9-16	2/3	8-14	1/2	7-12	1/3	6-10	1/4
Weathered and/or remoulded			7-9	1/2		1/2		1/3		1/4
Rock	Extremely fractured $\alpha = 1/3$		Other $\alpha = 1/2$			Slightly fractured or extremely weathered $\alpha = 2/3$				

Tabella 8.1: Fattori reologici di Menard, Doc.Rif. [16]

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

Modulo operativo ricavato da E_0

Il comportamento dei terreni a grana fine risulta non lineare; i moduli elastici risultano infatti funzione sia della pressione efficace media corrente sia del livello di deformazione indotto o del grado di mobilitazione della resistenza al taglio.

In relazione a quanto sopra la scelta dei moduli di deformazione per le analisi ingegneristiche viene a dipendere anche dal metodo di analisi adottato

Nel caso di ricorso a metodi di calcolo elastico-non lineari, i dati di ingresso per le analisi sono essenzialmente:

- I moduli elastici iniziali di cui al paragrafo 0.
- Le curve di degrado del modulo in funzione del livello di deformazione o di spostamento indotto misurate in laboratorio o ricavabili dalla letteratura tecnica. Tipiche curve di degrado del modulo di taglio G in funzione del livello di deformazione di taglio γ indotto, proposte da Vucetic & Dobry (1991), sono riportate nella Figura 8.4.

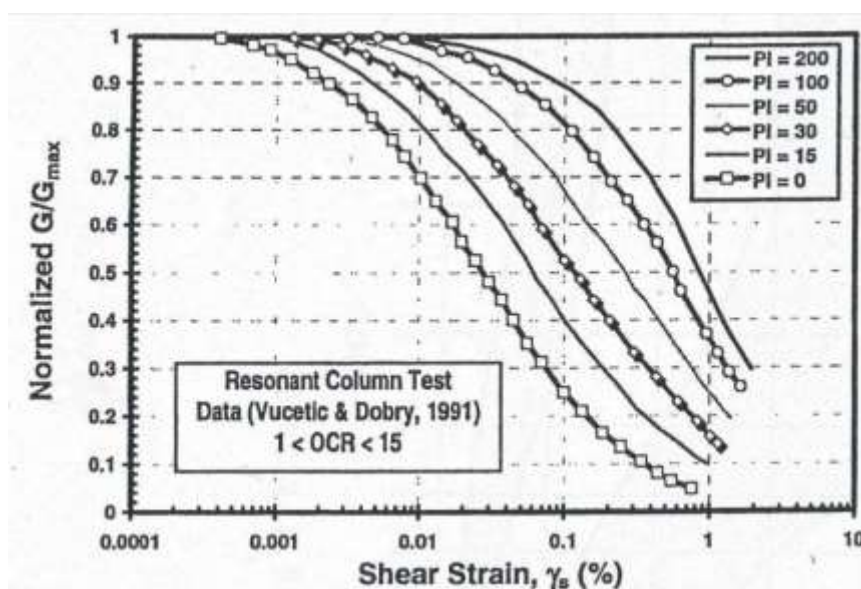


Figura 8.4: Curve sperimentali del rapporto G/G_{max} da prove di colonna risonante ciclica (Vucetic & Dobry, 1991), Doc.Rif.[15]

Nel caso in cui la progettazione faccia ricorso a metodi di calcolo elastico-lineari o elastico-lineari-plastici, per la stima dei moduli “operativi” da associare allo specifico problema al contorno verranno fatte le seguenti assunzioni “convenzionali”:



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	62 di 156

- nell'analisi di fondazioni profonde e dirette i moduli di Young "operativi" E_{op} sono pari a circa $1/5 \cdot E_0$, ciò in considerazione del fatto che:
 - o gli spostamenti totali e differenziali ammissibili per l'opera sono molto contenuti (i cedimenti ammissibili sono infatti generalmente inferiori a $0.01 \cdot B$, essendo B la dimensione minore della fondazione);
 - o da ciò deriva che, in base alla normativa vigente e alla pratica corrente, tale tipo di opere è caratterizzato infatti da coefficienti di sicurezza nei confronti della rottura per capacità portante generalmente superiori a $2.5 \div 3$;
- nel calcolo dei cedimenti dei rilevati i moduli di Young "operativi" E_{op} sono pari a circa $(1/10 \div 1/20) \cdot E_0$; per tali strutture in terra possono essere infatti ammessi cedimenti totali e differenziali maggiori di quelli delle fondazioni profonde e dirette.

8.2.3.4 Modulo elastico operativo in condizioni non drenate

Per il modulo elastico in condizioni non drenate, potrà essere fatto riferimento a quanto indicato dal lavoro di Duncan e Buchignani (1976), nel quale il modulo E_u è fornito in relazione alla coesione non drenata ($c_u = s_u$) e del grado di sovraconsolidazione OCR, in dipendenza dall'indice di plasticità (vedi **Figura 8.4**)

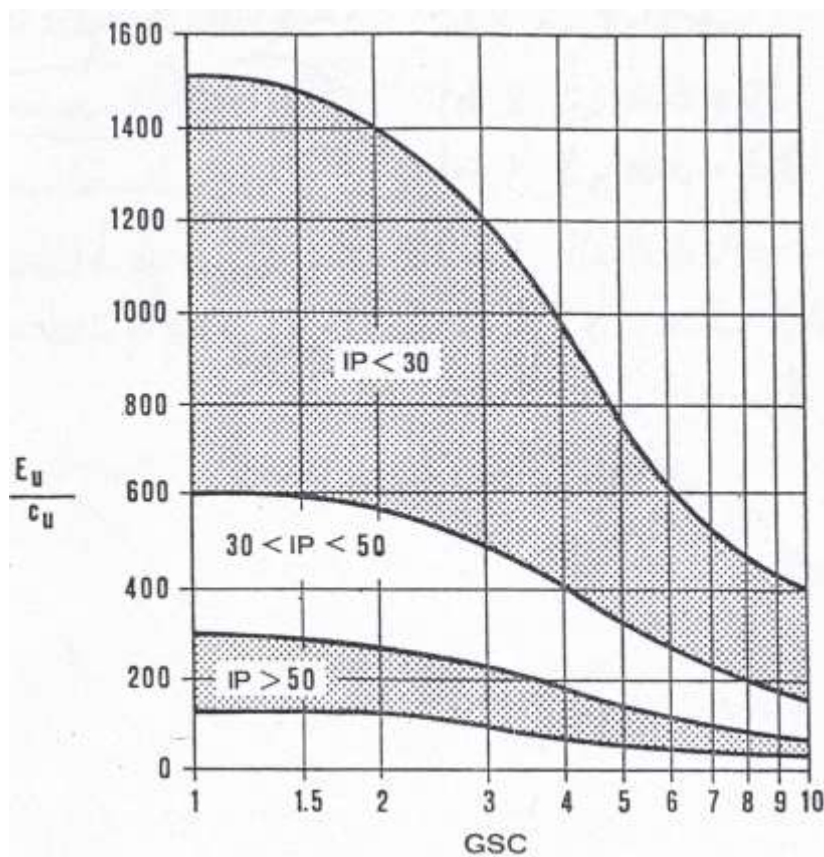


Figura 8.5: : Modulo di Young operativo in condizioni non drenate, Doc.Rif 12

Il grado di sovraconsolidazione (OCR) indicato nella figura è inteso essere il rapporto tra la pressione di preconsolidazione σ_p' e la pressione verticale efficace geostatica σ_{vo}' .

8.2.4 Permeabilità

I dati relativi alla permeabilità dei terreni in esame potranno essere ricavati secondo diverse procedure, nella fattispecie si sono principalmente consultati i risultati delle prove di permeabilità in foro (es: *LeFranc*).

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

8.3 TERRENI GRANULARI

In questa sezione si riportano i criteri utilizzati per caratterizzare i terreni prevalentemente granulari.

In conseguenza del fatto che in tali materiali risulta difficile prelevare campioni indisturbati, la caratterizzazione geotecnica è affidata principalmente all'interpretazione delle prove in situ (mediante correlazioni empiriche) e delle prove di classificazione di laboratorio effettuate su campioni rimaneggiati.

L'interpretazione delle prove in situ è finalizzata a determinare principalmente le seguenti caratteristiche:

- stato iniziale del deposito;
- parametri di resistenza al taglio;
- parametri di deformabilità;
- coefficienti di permeabilità.

8.3.1 Stato iniziale e caratteristiche fisiche

8.3.1.1 Peso di volume

Per la valutazione del peso di volume verrà fatto riferimento ai risultati delle specifiche prove di laboratorio.

8.3.2 Parametri di resistenza

8.3.2.1 Angolo d'attrito da prove di laboratorio

Nei soli casi in cui siano disponibili campioni indisturbati si potrà fare riferimento alle prove di laboratorio eseguite, ma, data la natura prevalentemente grossolana dei terreni qui trattati, andrà sempre tenuto conto dell'effettiva rappresentatività dei campioni prelevati. Questi potrebbero, infatti, essere stati estratti da passaggi contenenti matrice fina che, seppur consentendo il prelievo indisturbato, non necessariamente rappresentano il comportamento atteso dell'unità in studio.

8.3.2.2 Angolo d'attrito da correlazioni

8.3.2.2.1 Correlazione da SPT

Per la valutazione dell'angolo di attrito tramite correlazioni dirette con i dati di N_{SPT} si farà riferimento a quanto proposto da correlazione di Peck, Hanson e Thornburn (1974) è approssimabile con la seguente equazione Wolff (1989), rappresentata in

$$\varphi'(^{\circ}) = 27,1 + 0,3 \cdot C_N \cdot N_{SPT} - 0,00054 \cdot (C_N \cdot N_{SPT})^2$$

$$C_N = \frac{2}{1 + \frac{\sigma'_{v0}}{P_s}}$$

per sabbie fini

(Eq. 12.9)

$$C_N = \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{v0}}{P_s}}$$

per sabbie grosse

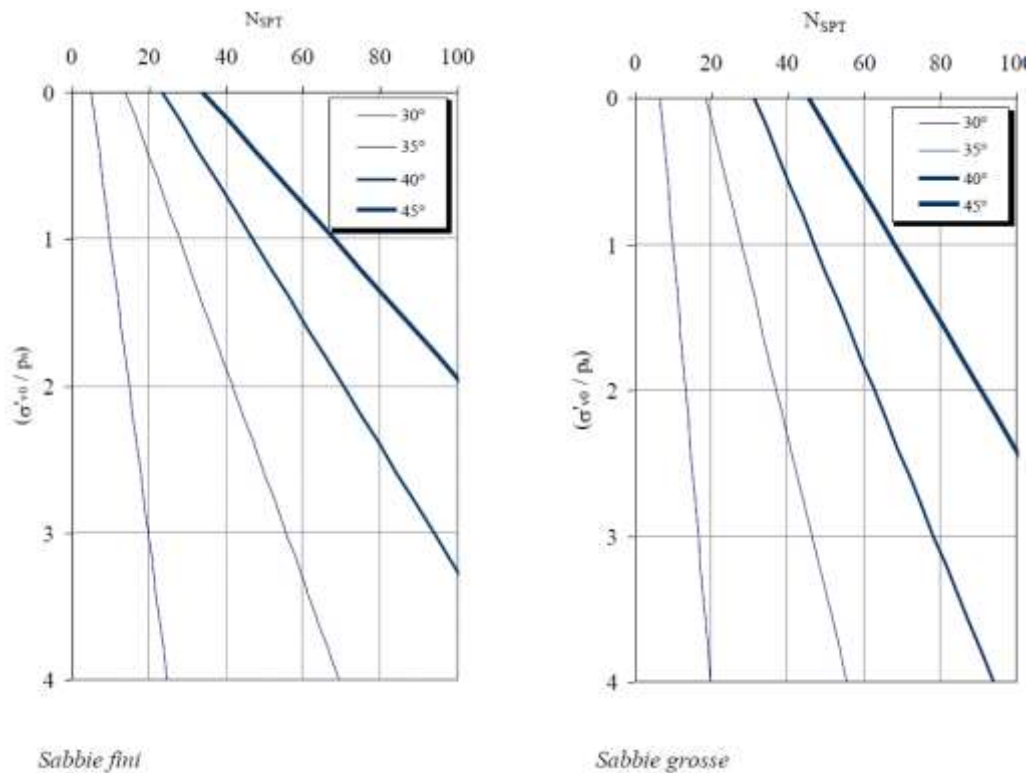


Figura 8.6: Stima di f' da N_{spt} applicando correlazione proposta da Wolff (1989)

8.3.3 Parametri di rigidezza

8.3.3.1 Modulo elastico operativo a basse deformazioni

I criteri per la stima del modulo elastico a basse deformazioni sono gli stessi descritti per i terreni a grana fina, cioè riferiti al calcolo di E_0 e G_0 a partire dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s .

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9,81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa}) \quad E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

Si rimanda al paragrafo 0 per il dettaglio relativo all'ottenimento dei necessari valori di velocità a partire da indagini geofisiche o da correlazioni con CPT e SPT.

8.3.3.2 Modulo elastico operativo da colpi SPT

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi incoerenti possono essere stimate a partire dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT applicando il metodo di Denver (1982) Doc.Rif. [21], secondo il quale il modulo di Young E' può essere calcolato come:

$$E' = S_1 \cdot N_{\text{SPT}} + S_2$$

dove S_1 e S_2 sono costanti che assumono valori in funzione della granulometria e della litologia, come in tabella sottostante.

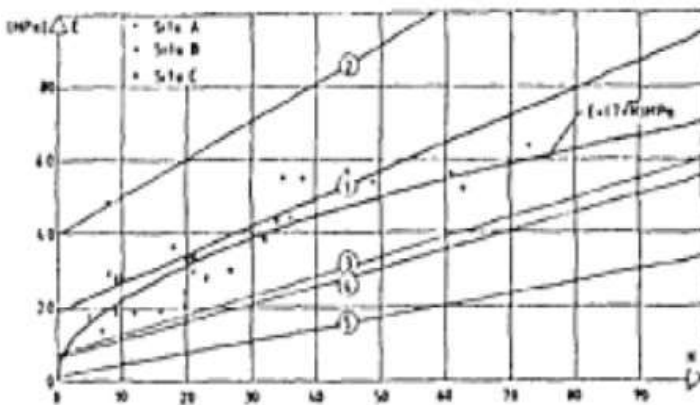


Fig. 5: Young's modulus E as function of N .

Number of curve on Fig. 5	S_1 [MPa]	S_2 [MPa]	Remark	Reference
1	0,756	18,75	Normally loaded sand and gravel	D'Appolonia et al, 1970
2	1,043	36,79	Preloaded sand	"-
3	0,517	7,46		Schultze & Menzenbach, 1961
4	0,478	7,17	Sand - saturated	Webb, 1970
5	0,316	1,58	Clay & sand	"-



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	67 di 156

Tipo di terreno	S ₁	S ₂
Sabbie argillose	0,316	1,58
Sabbie sature	0,478	7,17
Sabbie NC	0,756	18,75
Sabbie OC	1,04	36,79

Figura 8.7: Costanti proposte da Denver (1982)

8.3.4 Permeabilità

I coefficienti di permeabilità k sono determinabili sulla base dei risultati delle prove di permeabilità *Lefranc* in foro di sondaggio; in alternativa o per conferma, potranno anche essere stimati sulla base della letteratura disponibile.

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

9 DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

La definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici è stata effettuata con i criteri e le correlazioni illustrati al precedente capitolo. Nel seguito si riportano e discutono i dati relativi a ciascuna unità geotecnica già individuata nel capitolo 7, differenziando l'approccio di caratterizzazione in base alla natura coesiva, incoerente o rocciosa ad essa associata, come da capitolo 8.

Nella presente relazione si farà riferimento ad una caratterizzazione generale delle unità individuate, rimandando alle specifiche relazioni di calcolo o di pre-dimensionamento la descrizione degli effettivi parametri assunti per le verifiche inerenti alle singole problematiche geotecniche.

9.1 DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI E RECENTI - UNITÀ DA

Come anticipato nel capitolo 6, a seguito di considerazioni granulometriche e visive, si è deciso di accorpare le unità geologiche bb e bn, considerandole un'unica unità geotecnica.

Geologicamente l'unità viene descritta come segue:

Ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, talora da poco a mediamente cementate; sabbie e sabbie limose, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, a luoghi debolmente cementate. Depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale. Argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose.

Analizzando le distribuzioni granulometriche dei campioni estratti e le foto delle cassette, visibili in Figura 9.1 e Figura 9.2 si è deciso di classificare questa unità come materiale granulare, anche sulla base delle distribuzioni granulometriche discusse nel paragrafo 7.1.

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	69 di 156



CASSETTA C2 - 5,00-10,00 m. pc



CASSETTA C3 - 10,00-15,00 m. pc.

L 1-S 23: Cassetta n. 7 da 30.0 a 35.0 m

L 1-S 24: Cassetta n. 5 da 20.0 a 25.0 m

Figura 9.1: esempi di cassette per l'unità DA

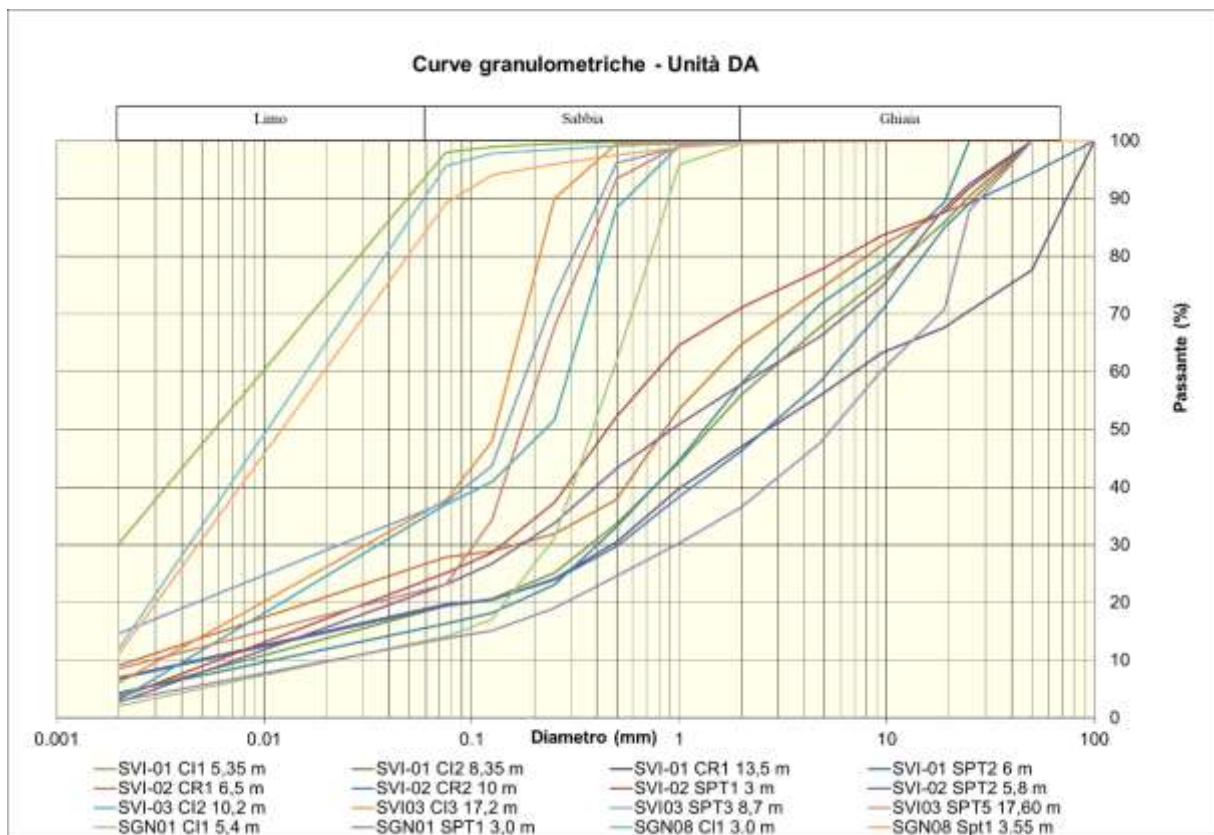


Figura 9.2: distribuzioni granulometriche campioni appartenenti all'unità DA.

9.1.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

I principali parametri inerenti alle caratteristiche fisiche e le relative proprietà indice dell'Unità DA sono riassunti nella Tabella 9.1, suddivisi per campioni e profondità di prelievo. Nella successiva Figura 9.3 invece, i valori degli stessi parametri sono riportati graficamente.

		Prof.Media	γ	G	S	L	A	W	WL	Ip	Ic	e ₀
		[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		-
SVI03	CI1	5.30	19.70	3.16	25.29	65.13	6.43	20.5	N.P.	N.P.	N.P.	0.646
SVI03	SPT1	3.23	-	6.92	32.73	39.6	20.75	-	-	-	-	-
SVI03	SPT2	5.83	-	38.63	39.96	12.06	9.35	-	N.P.	N.P.	N.P.	-
SGN01	CI1	5.70	20.26	0.53	87.14	10.19	2.14	13.3	N.P.	N.P.	N.P.	0.486
SGN01	SPT1	3.23	-	63.43	23.59	10.00	2.98	-	N.P.	N.P.	N.P.	-
SGN08	CI1	3.28	19.13	0.28	5.85	81.73	12.14	23.1	36.3	14.6	0.9	0.740
SGN08	Spt1	3.78	-	0.42	14.41	74.03	11.14	-	N.P.	N.P.	N.P.	-
SVI01	CI1	5.68	18.06	0.04	7.83	61.85	30.29	26.3	43.8	19.0	0.9	0.896
SVI01	CI2	8.68	20.07	43.93	38.75	13.24	4.08	10.9	N.P.	N.P.	N.P.	0.471
SVI01	CR1	13.75	-	52.97	27.18	12.92	6.93	-	N.P.	N.P.	N.P.	-
SVI01	SPT2	6.23	-	41.99	44.31	9.4	4.30	-	N.P.	N.P.	N.P.	-
SVI02	CR1	6.75	-	35.22	38.19	17.5	9.09	-	N.P.	N.P.	N.P.	-
SVI02	CR2	10.30	-	53.66	26.82	12.74	6.78	-	N.P.	N.P.	N.P.	-
SVI02	SPT1	3.23	-	28.87	49.16	18.47	3.50	-	N.P.	N.P.	N.P.	-
SVI02	SPT2	6.03	-	42.17	37.13	17.93	2.77	-	N.P.	N.P.	N.P.	-
SVI03	CI2	10.50	19.28	0.18	65.53	31.18	3.12	16.2	N.P.	N.P.	N.P.	0.609
SVI03	CI3	17.30	20.03	0.04	65.56	28.29	6.12	20.7	N.P.	N.P.	N.P.	0.608
SVI03	SPT3	8.93	-	0.23	65.16	19.99	14.61	-	N.P.	N.P.	N.P.	-
SVI03	SPT5	17.83	-	0.08	78.81	12.52	8.59	-	N.P.	N.P.	N.P.	-

Tabella 9.1: Principali parametri unità DA

Con riferimento ai grafici di Figura 9.3, i pesi dell'unità di volume presentano una certa variabilità compresa tra 18 e 20.5 kN/m³, con un valore medio di 19.1 kN/m³. L'indice dei vuoti presenta una bassa variabilità, con valore medio pari a 0.6.

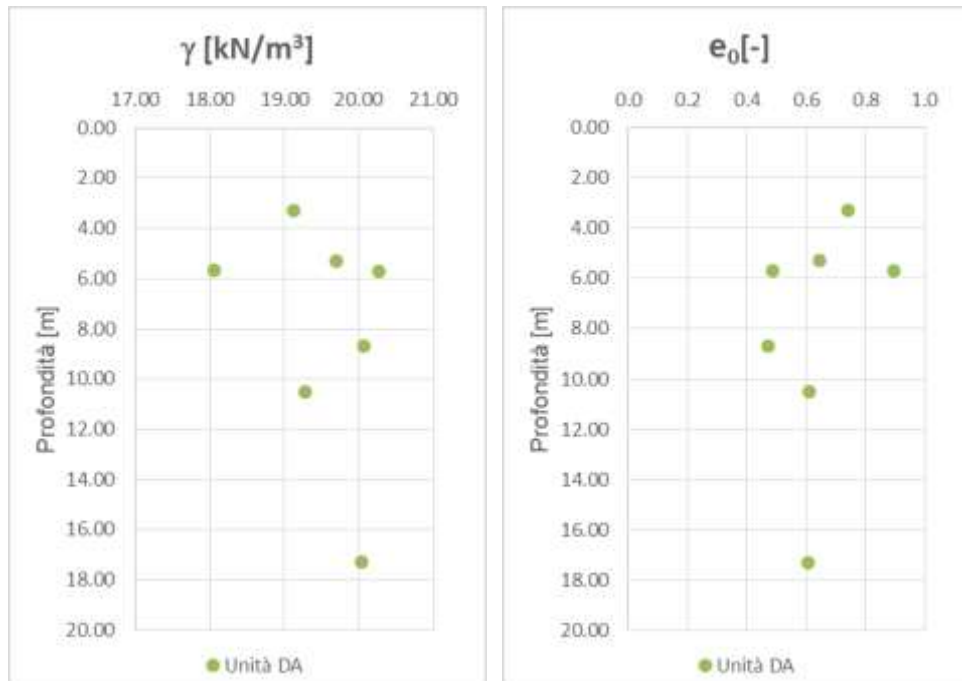


Figura 9.3: Andamenti con la profondità dei pesi dell'unità di volume e dell'indice dei vuoti

9.1.2 Parametri di resistenza

9.1.2.1 Condizioni drenate

In questo paragrafo vengono riassunti i risultati derivanti dalle prove di taglio diretto disponibili per l'unità in esame dei campioni indisturbati. I dati sono stati cumulati in modo da ottenere una regressione su più prove. Poiché si è deciso di trattare questa unità come materiale granulare, i campioni indisturbati prelevati potrebbero risultare poco rappresentativi dell'intera unità, in quanto potrebbero presentare porzione fina più abbondante non riscontrabile globalmente. L'analisi delle prove di taglio diretto è quindi stata realizzata a mero titolo di confronto, tenendo comunque conto i risultati ottenuti dalle prove in sito per la definizione finale dei parametri di resistenza.

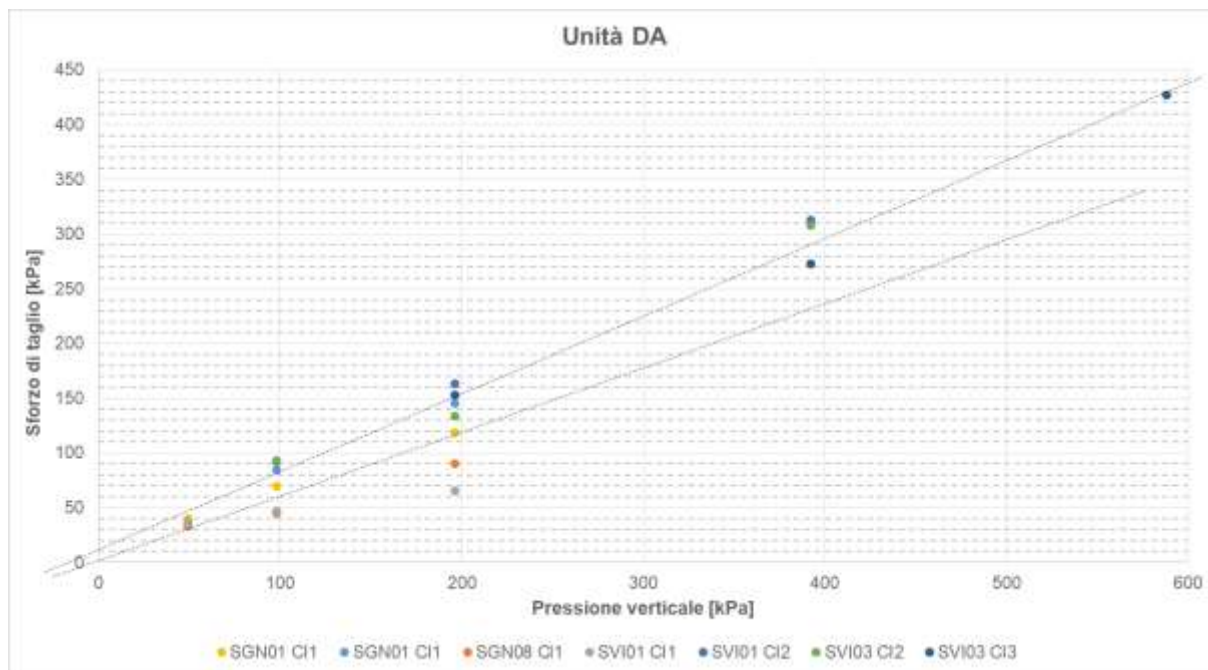


Figura 9.4: Unità DA - interpretazione delle prove di taglio diretto

Dalla rappresentazione grafica dei valori di laboratorio sono state tracciate due rette, una con coesione pari a zero ed escludendo i valori più elevati ed una tenendo in considerazione anche i valori superiori.

I risultati dell'interpolazione sono:

Unità DA		
Prova taglio diretto		
	c' [kPa]	φ [°]
Retta inf	0	30
Retta sup	10	36

Di seguito sono riportati i risultati della correlazione di Wolff espressa in precedenza (paragrafo 8.3.2.2.1, correlazione per ricare l'angolo di attrito a partire da N_{spt}), per i risultati delle prove DPSH e SPT per l'unità DA. Il coeff. C_n è stato assunto quello relativo alle sabbie fini.

$$C_n = \frac{2}{1 + \frac{\sigma_{vd}}{P_s}}$$

per sabbie fini

Nella Figura 9.5 seguente si graficano i risultati, ottenendo un ϕ' compreso tra 27 e 40°.

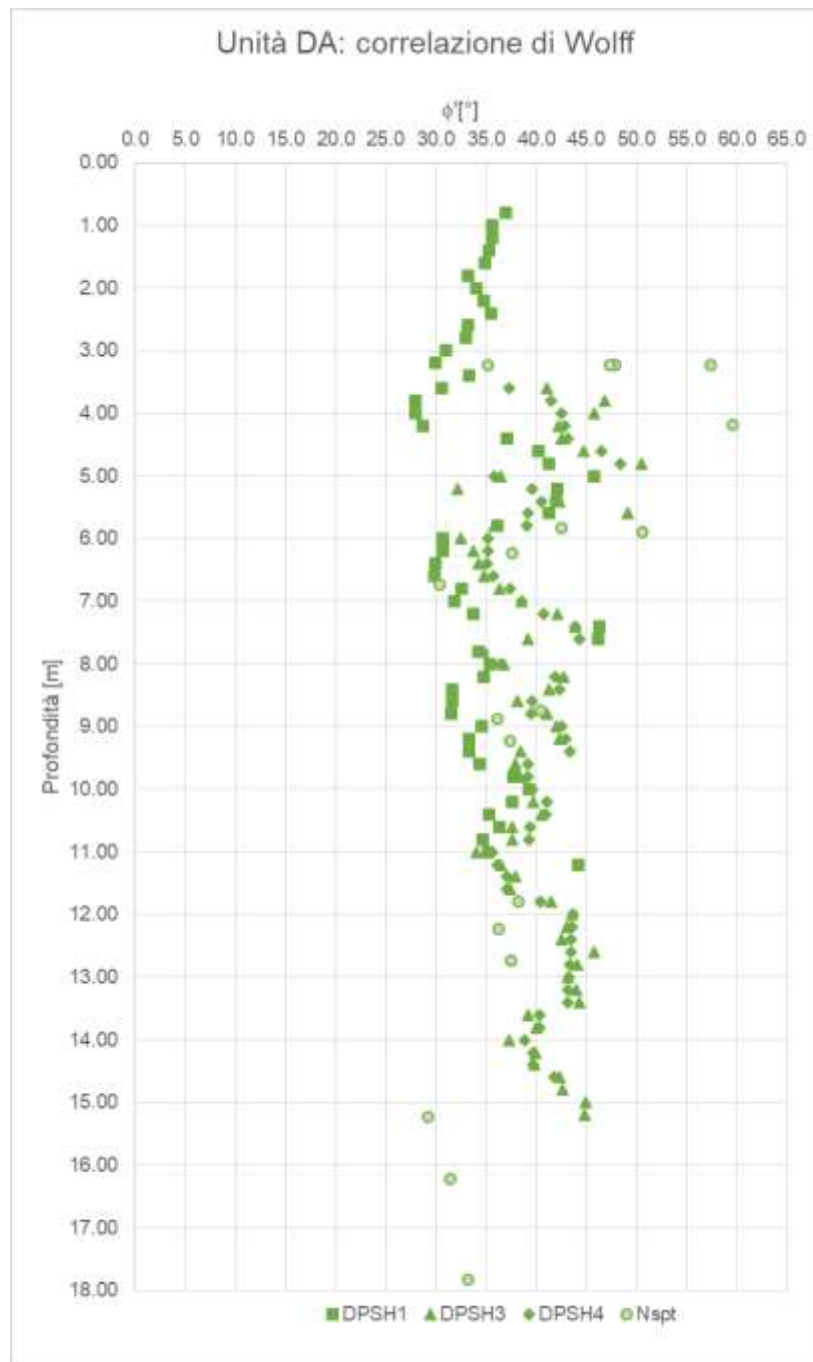


Figura 9.5: Angolo di attrito da correlazione di Wolff per le prove DPSH e SPT

Nella seguente tabella vengono riassunti i valori ottenuti dalle differenti correlazioni/prove

	Unità DA	
	TD	ϕ [°] (Wolff)
ϕ [°]	30 – 36	27-40
c' [kPa]	0 – 10	//

9.1.3 Parametri di rigidezza

9.1.3.1 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

In Figura 9.6 sono rappresentati i valori del modulo elastico ottenuti dalle prove SPT e DPSH applicando la correlazione di Denver (paragrafo 8.3.3.2), per l'unità in questione si utilizzano i parametri relativi alle sabbie sature ($E=0.478 \cdot N_{spt}+7.17$).

In Figura 9.7 sono rappresentati i valori di V_s e E_0 ottenuti dalla correlazione di Ohta & Goto (paragrafo 0): il modulo di Poisson adottato è 0.3, α è stato assunto 1.303 (Pleistocene) mentre β assunto pari a 1.14 (sabbie).

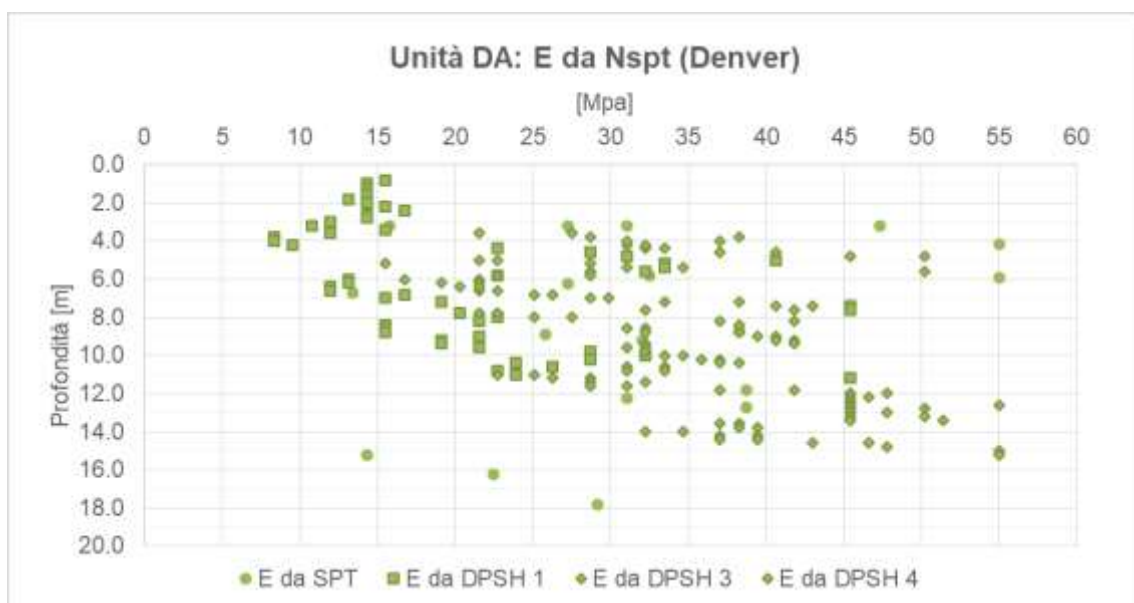


Figura 9.6: Modulo di Young da correlazione di Denver

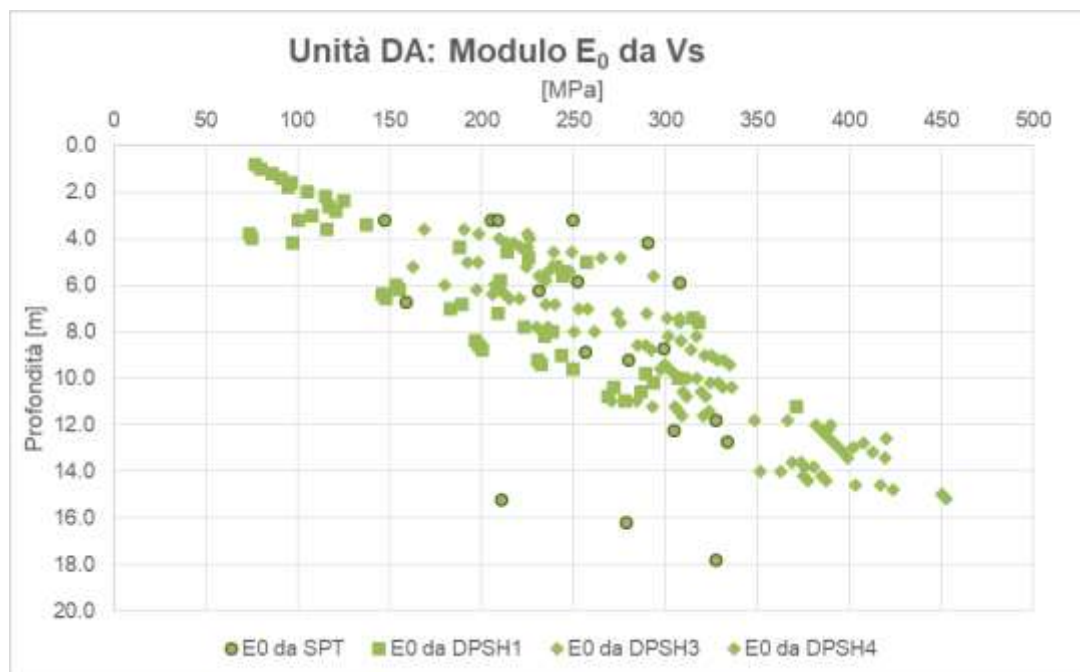
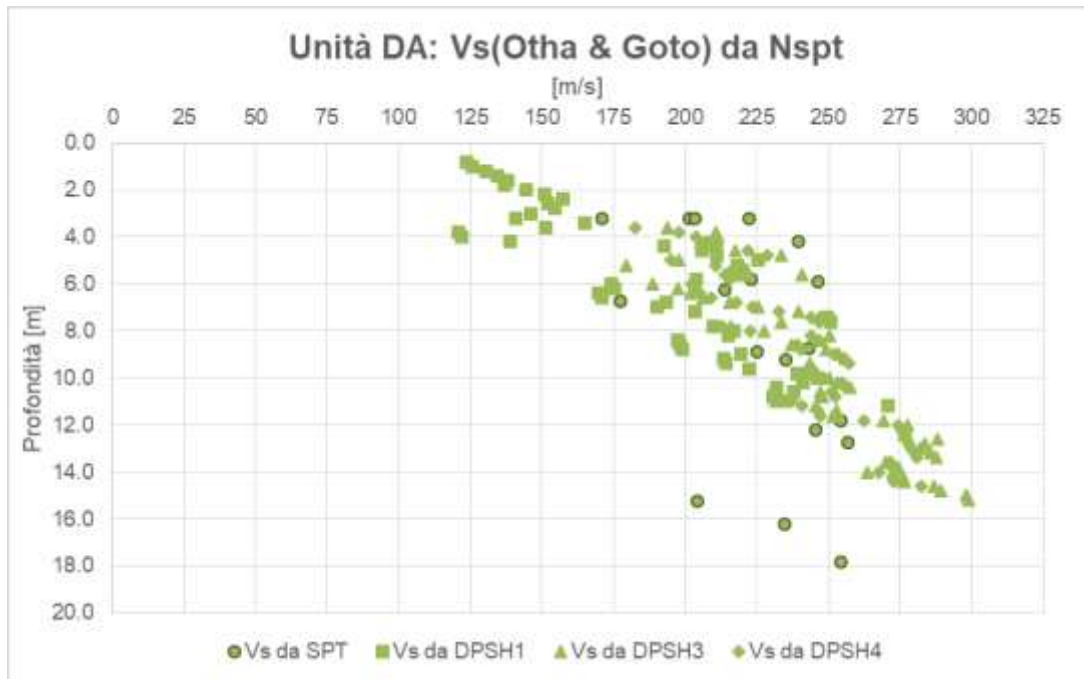


Figura 9.7: Vs e E_0 da correlazione di Ohta & Goto per le prove SPT e DPSH

È presente solo una prova pressiométrica di Menard (SVI-01) che fornisce come risultato $E_{\text{young}} = 45$ MPa alla profondità di 15.5m.

Nel grafico di Figura 9.8 invece vengono graficati i valori del modulo elastico operativo ottenuti dalle prove in situ MAWS, DH e Menard disponibili per l'unità DM.

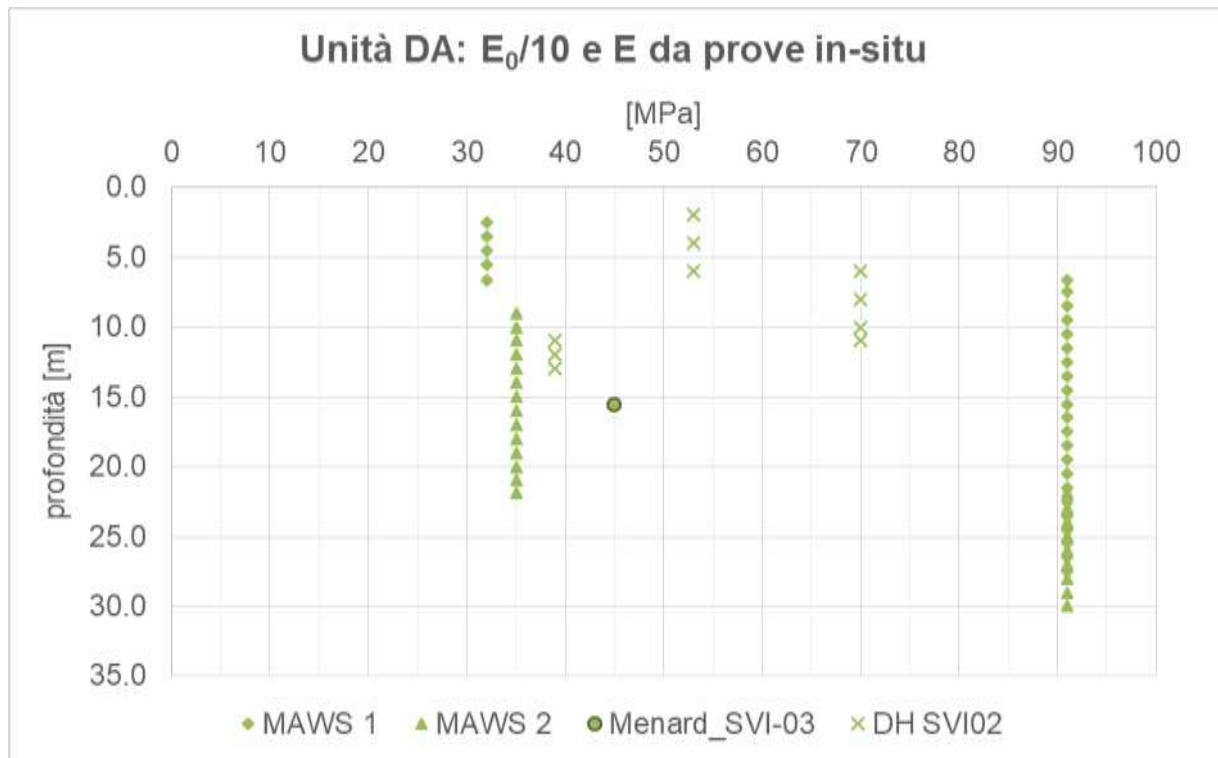


Figura 9.8: Modulo di Young da prove in situ MASW, DH e Menard

9.1.3.2 Riepilogo Modulo di deformazione

Nella tabelle seguente vengono riepilogati i *range* dei valori di modulo elastico e modulo elastico operativo per le diverse prove precedentemente discussi.

	E (Denver_Nspt)	E ₀ /10 (Vs_Ohta)	E Menard	E ₀ /10 MAWS	E ₀ /10 DH
[MPa]	15-50	10-40	45	30-90	45-80

9.1.4 Permeabilità

Nell'ambito della campagna d'indagine sono state eseguite 5 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile. In Tabella 9.2 sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove e nell'immagine successiva sono graficati in relazione alla profondità.

Complessivamente si attribuisce all'unità un valore pari a 1.0E-06 m/s

sondaggio	Prof. (m)	k (m/s)
SVI-03	11.25	8.22E-07
SVI-03	19	3.20E-07
SVI-02	10.05	7.96E-07
SVI-01	11.5	1.88E-06
SGN-01	3.5	2.66E-06

Tabella 9.2: Risultati delle prove Lefranc per l'Unità DA

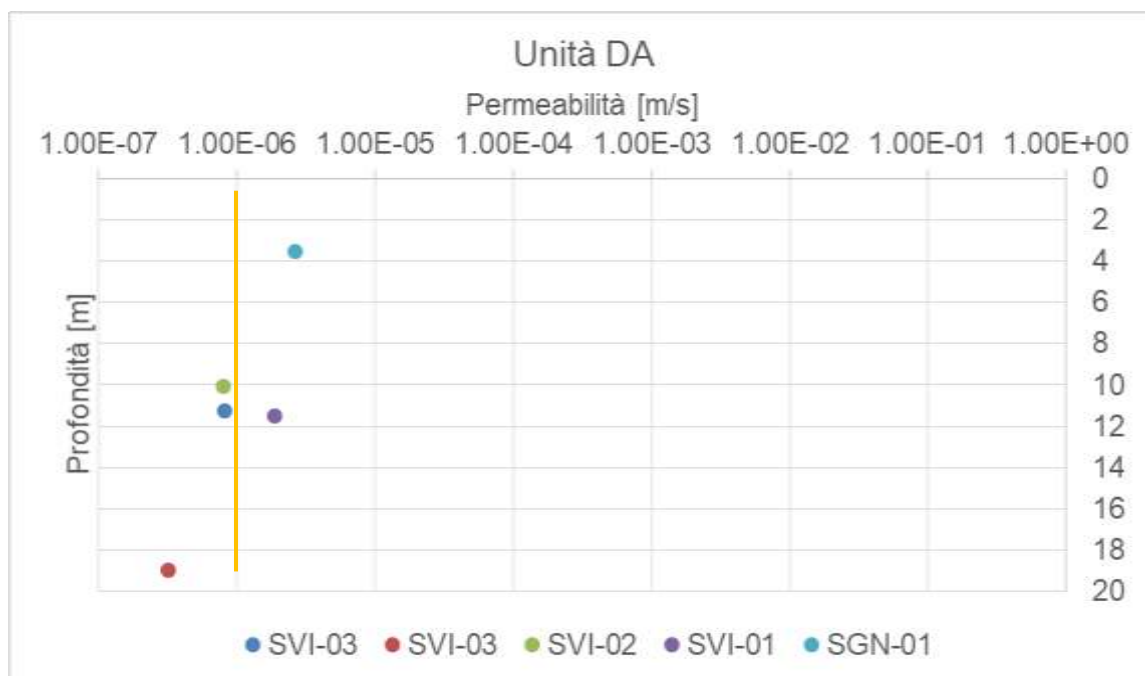


Figura 9.9: prove Lefranc per l'unità DA

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

9.2 ARGILLE LIMOSE DEL T. SETTIMO: UNITÀ ATS

Geologicamente l'unità viene descritta come segue:

Argille limose e limi argillosi grigi e grigio-azzurri, con frequenti intercalazioni millimetriche e centimetriche di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, a struttura indistinta o laminata; talora sono presenti passaggi decimetrici di sabbie e sabbie limose grigie; a luoghi si rinvencono lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate, in matrice sabbioso limosa grigia, da scarsa ad abbondante.

Analizzando le distribuzioni granulometriche dei campioni estratti e le foto delle cassette, di cui due esempi sono visibili in Figura 9.10 e le granulometrie rappresentate in Figura 9.2 e discusse anche nel paragrafo 7.2. si è deciso di caratterizzare questa unità come materiale coesivo.

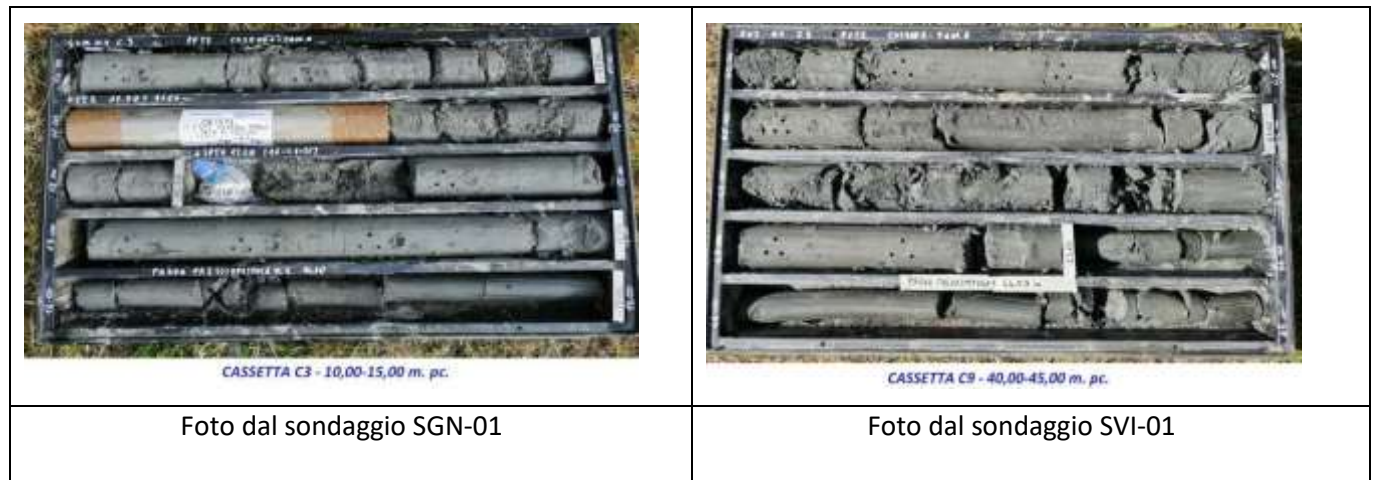


Figura 9.10: Esempi di cassette per l'unità ATS

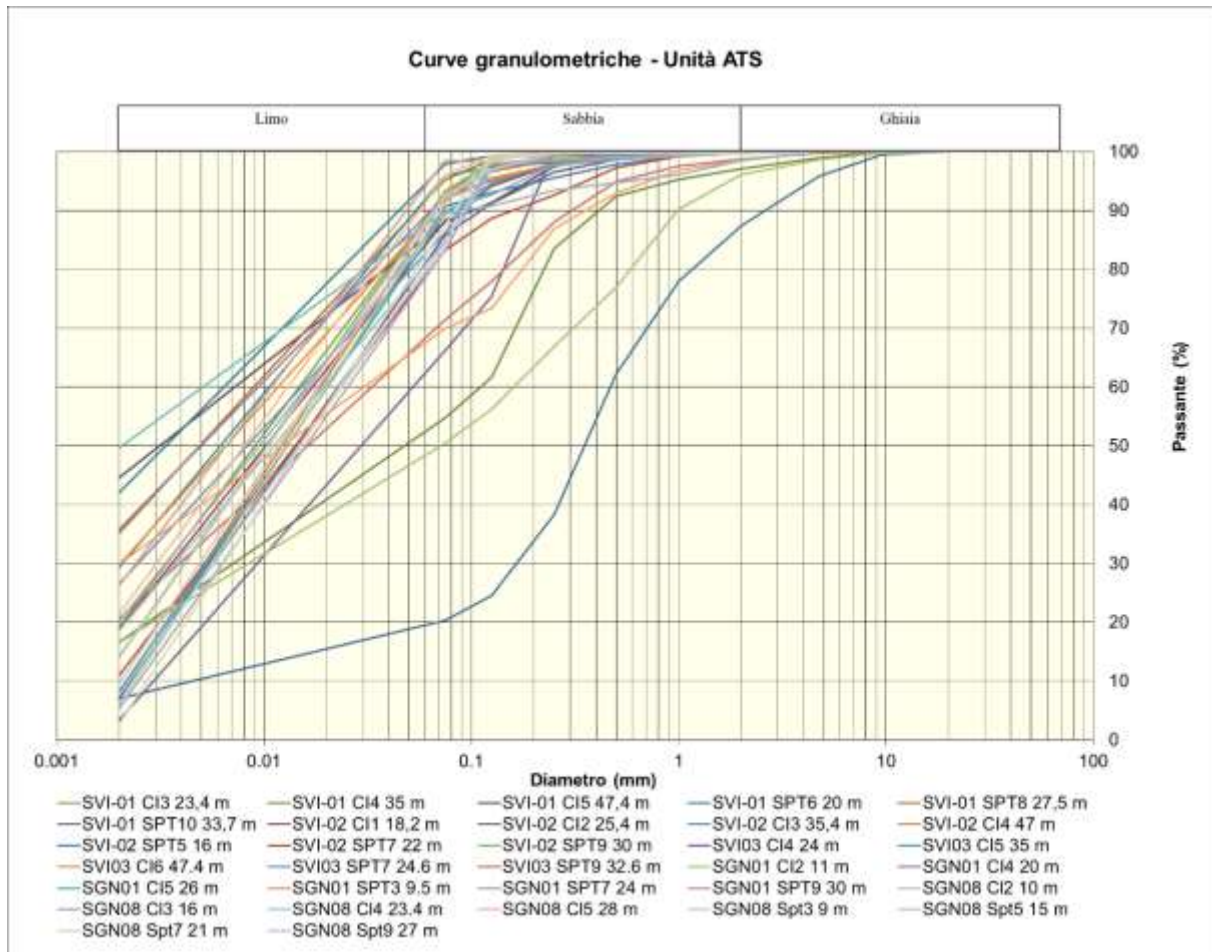


Figura 9.11: distribuzioni granulometriche campioni appartenenti all'unità ATS.

9.2.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

I principali parametri inerenti alle caratteristiche fisiche e le relative proprietà indice dell'Unità **ATS** sono riassunti nella Tabella 9.3, suddivisi per campioni e profondità di prelievo. Nelle successive Figura 9.12 e Figura 9.13, invece, i valori degli stessi parametri sono riportati graficamente.

		Prof.Media	γ	G	S	L	A	W	WL	Ip	lc	e ₀
		[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		–
BH05	CI1	5.75	20.20	0	10.19	70.01	19.8	20.5	32	12	1.0	
BH05	CI2	9.20	20.90	0	11.45	60.66	27.89	21.5	35	14	1.0	
BH05	CI3	18.25	20.40	0	10.76	67.06	22.18	19.1	31	10	1.2	
BH05	CI4	24.25	20.70	0	8.7	65.06	26.24	20.1	32	13	0.9	
BH06	CI1	21.73	19.70	0	4.43	59.38	36.19	22.4	46	25	0.9	
BH06	CR3	13.50		0.06	10.27	57.7	31.97					
SGN01	CI2	11.30	20.82	3.96	48.55	30.96	16.53	15.5				0.488
SGN01	CI4	20.30	20.35	0.10	11.56	52.54	35.80	17.2	44.8	23.2	1.2	0.562
SGN01	CI5	26.30	20.99	0.22	10.4	39.78	49.59	19.9	33.2	14.1	0.9	0.553
SGN01	SPT3	9.75		1.44	34.9	33.73	29.92					
SGN01	SPT4	12.33										
SGN01	SPT6	20.83										
SGN01	SPT7	24.23		1.58	14.17	64.10	20.15		44.9	23.6		
SGN01	SPT8	26.23										
SGN01	SPT9	30.23		0.21	8.92	64.63	26.24					
SGN01	SPT10	33.23										
SGN08	CI2	10.30	19.49	0.00	11.82	82.25	5.93	21.0				0.674
SGN08	CI3	16.30	19.62	0.00	19.35	75.24	5.42	21.1				0.662
SGN08	CI4	23.70	19.85	0.00	19.05	62.32	18.62	17.0				0.592
SGN08	CI5	28.35	20.36	0.01	5.78	72.83	21.38	18.5	36.2	15.5	1.1	0.576
SGN08	Spt3	9.23		0.00	21.89	70.43	7.68					
SGN08	Spt5	15.23		0.00	13.17	77.25	9.58					
SGN08	Spt7	21.23		0.16	18.9	78.25	2.69		31.6	11.2		
SGN08	Spt9	27.23		0.02	11.47	74.5	14.01		31.5	13.8		
SVI01	CI3	23.70	20.87	0.03	13.89	66.81	19.26	19.3				0.546
SVI01	CI4	35.30	19.44	2.94	49.17	31.2	16.68	20.5				0.662
SVI01	CI5	47.70	20.34	0.18	13.43	41.82	44.57	18.1	44.9	15.8	1.7	0.576
SVI01	SPT6	20.73		0.07	6.42	51.46	42.05		50.0	28.3		
SVI01	SPT8	27.73		0.03	6.47	58.36	35.13		36.7	16.8		
SVI01	SPT10	33.93		12.58	68.34	12.01	7.07					
SVI02	CI1	18.70	20.46	0.01	24.23	57.02	18.74	22.3	41.2	18.4	1.0	0.612
SVI02	CI2	25.70	20.16	0.34	21.61	70.73	7.32	20.3	38.2	16.8	1.1	0.607

		Prof.Media	γ	G	S	L	A	W	WL	Ip	lc	e ₀
		[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		-
SVI02	CI3	35.70	20.55	0.16	5.69	64.85	29.30	20.8	44.4	17.5	1.3	0.595
SVI02	CI4	47.30	20.40	0.04	15.97	76.15	7.84	16.9	44.4	22.3	1.2	0.545
SVI02	SPT5	16.23		0.19	20.47	72.41	6.94		48.4	23.7		
SVI02	SPT7	22.23		0.19	20.25	68.56	11.00		57.4	32.2		
SVI02	SPT9	30.23		0.02	9.65	76.14	14.18		58.6	32.9		
SVI03	CI4	24.30	19.72	0.17	39.62	56.82	3.39	21.4				0.651
SVI03	CI5	35.30	19.72	0.09	18.55	73.11	8.24	20.8	46.2	24.1	1.1	0.651
SVI03	CI6	47.70	20.06	0.08	9.84	60.3	29.78	20.9	45.5	21.2	1.2	0.634
SVI03	SPT7	24.83		0.04	18.93	54.49	26.54					
SVI03	SPT9	32.83		1.28	32.70	45.42	20.60					

Tabella 9.3: Principali parametri unità ATS

Con riferimento ai grafici di Figura 9.12, i pesi dell'unità di volume presentano una certa variabilità, mediamente si possono individuare valori compresi tra 19.5 e 21.0 con un valor medio 20.3 kN/m³. L'indice dei vuoti risulta praticamente costante, con un valore medio pari a 0.6.

L'andamento dell'indice di plasticità di Figura 9.13 presenta valori compresi tra 10 e 30, indica una condizione tra POCO PLASTICA (5<I_p<15) e PLASTICA (15<I_p<40), con una prevalenza e un valor medio individuato nella zona a comportamento PLASTICO (I_p = 20).

La consistenza è generalmente individuabile tra SOLIDO-PLASTICA e SEMISOLIDA con valori compresi tra 0.9 e 1.4, e valor medio pari a 1.1, come riscontrabile dai valori dell'indice di consistenza riportati nel grafico della stessa figura.

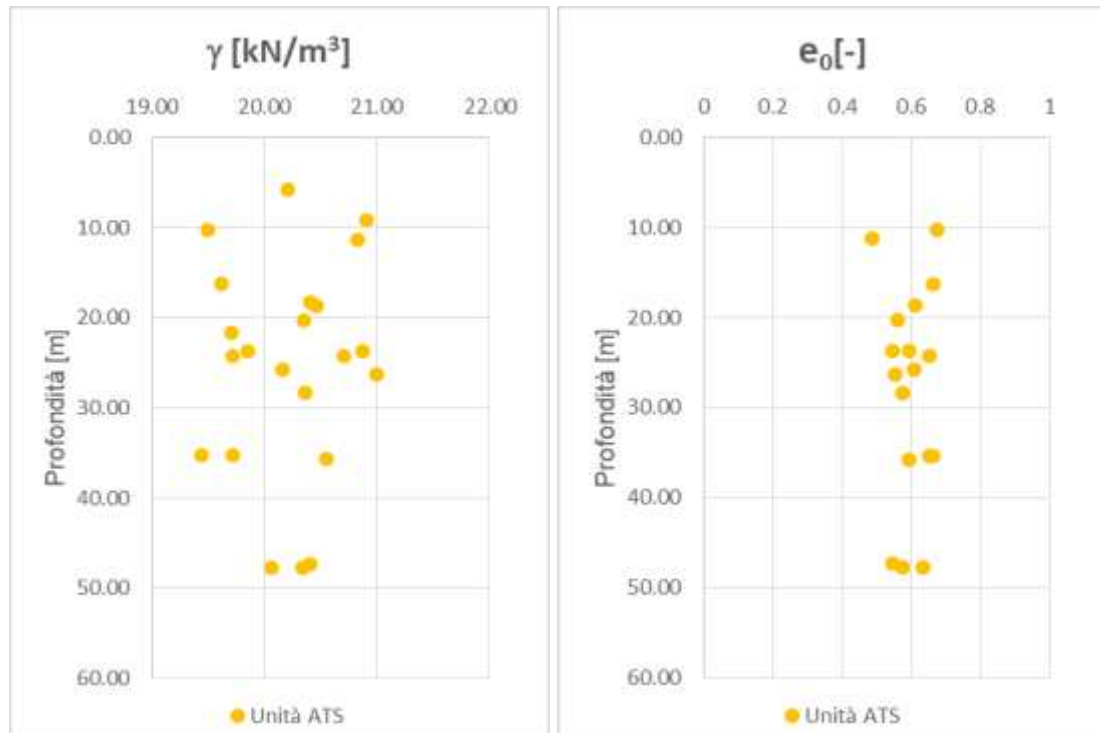


Figura 9.12: Andamenti con la profondità dei pesi dell'unità di volume e dell'indice dei vuoti

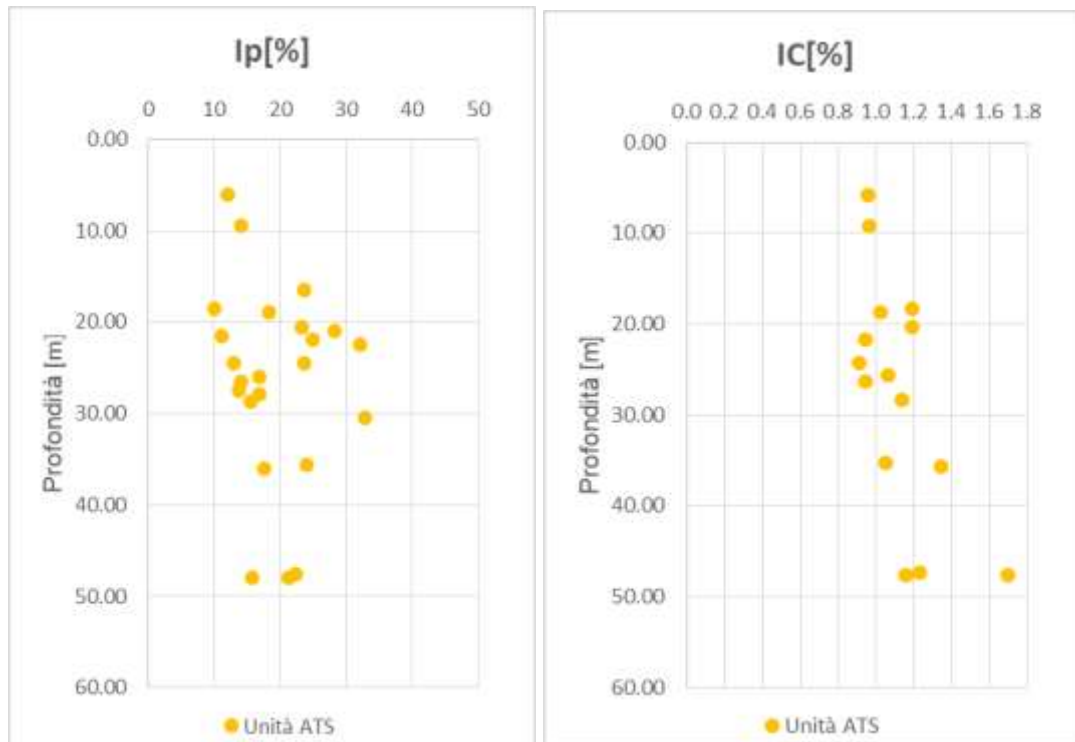


Figura 9.13: Andamenti con la profondità degli indici di Plasticità e di Consistenza

La distribuzione dei dati nella Carta di Plasticità di Casagrande (Figura 9.14) classifica i terreni generalmente come argillosi inorganici, di media plasticità. Per quanto riguarda la carta di Attività, i terreni coprono omogeneamente tutti i settori, ricadendo in parte anche nel settore delle ARGILLE ATTIVE.

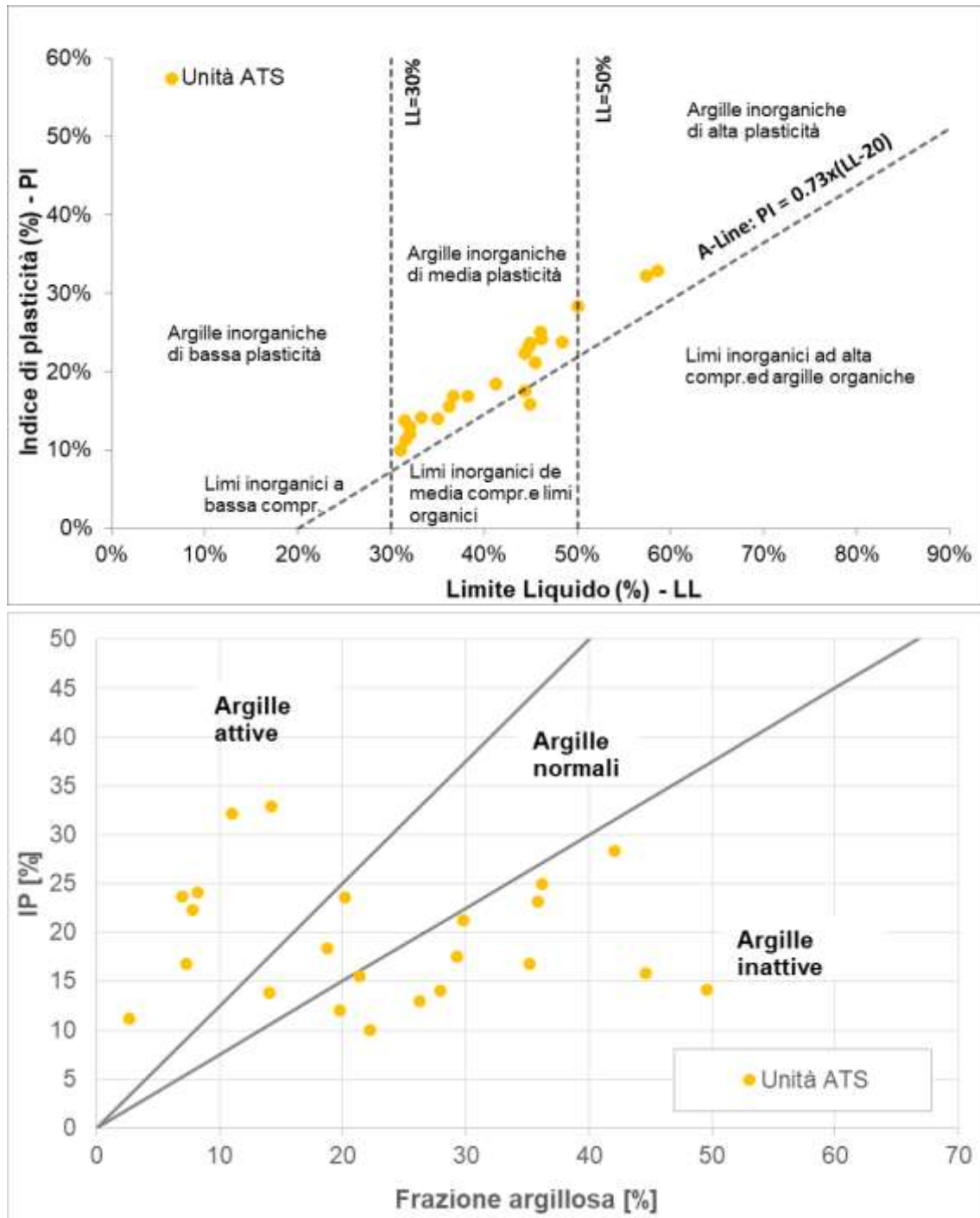


Figura 9.14: Carta di Plasticità (in alto) e Carta di attività (in basso)

9.2.2 Parametri di resistenza

9.2.2.1 Condizioni drenate

In questo paragrafo vengono riassunti i risultati derivanti dalle prove di taglio diretto disponibili per l'unità in esame. I dati sono stati cumulati in modo da ottenere una regressione su più prove. Come riscontrabile dalla Figura 9.15 per l'unità ATS, i dati riportati nel grafico di restituiscono, φ' compreso tra 25° e 31.5° e una coesione $c'=20-25$ kPa

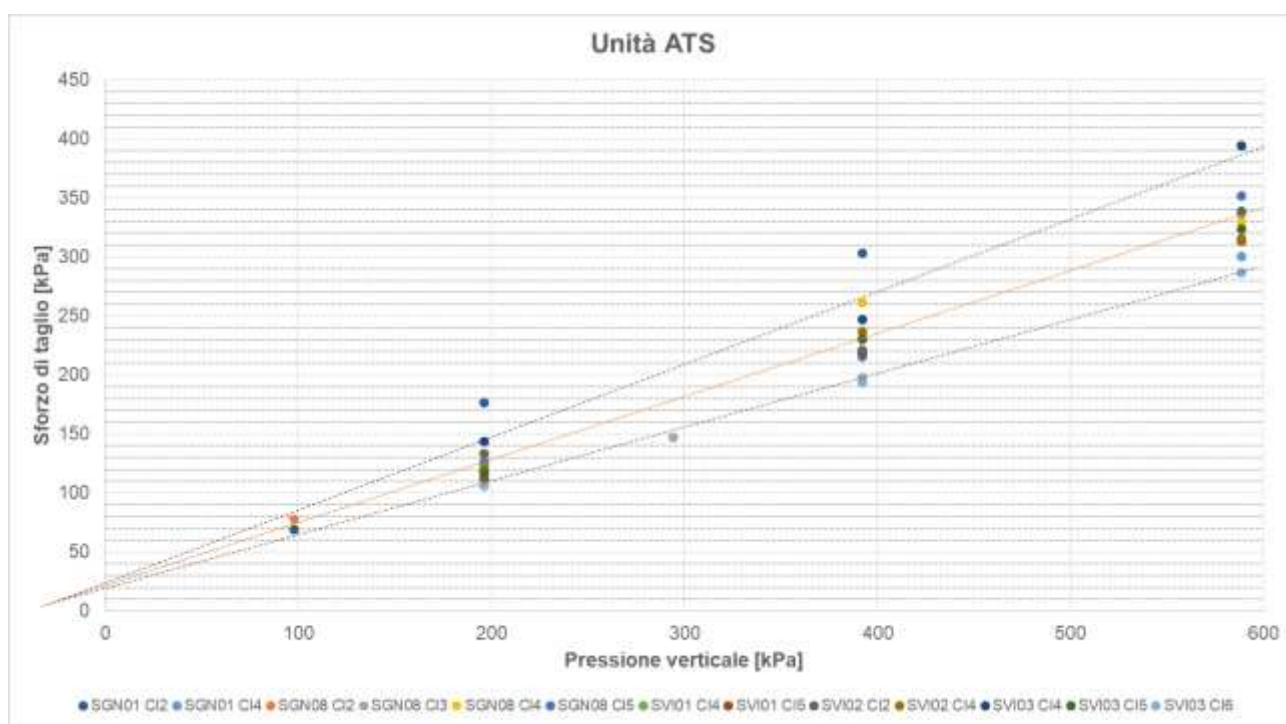


Figura 9.15: Unità ATS - interpretazione delle prove di taglio diretto

Dalla rappresentazione grafica dei valori di laboratorio sono state tracciate due rette (riferite ai valori minimi e massimi) e una considerando tutti i punti disponibili. I risultati dell'interpolazione sono:

	Unità ATS	
	Prova taglio diretto	
	c' [kPa]	ϕ [°]
Retta inf	20	25.0
Retta sup	25	32.0
Retta media	21	28

9.2.2.2 Condizioni non drenate

Dalle prove triassiali UU sono stati ottenuti i valori di c_u rappresentati in Figura 9.16: sono presenti valori compresi tra circa 65 e 325, con valore medio di 250 kPa.

Nella stessa immagine sono anche graficati i valori di c_u ottenuti da Penetrometro Poket, Vane Test dalla correlazione di Stroud (paragrafo 8.2.2.1.3, per l'unità in questione si è considerato $IP=20$ (valore medio delle prove a disposizione) e quindi $f_1= 5.6$).

Complessivamente si riscontra un valore medio di 150 kPa.

La coesione non drenata può essere inoltre rappresentata dalla formulazione lineare con la profondità, ponendo $OCR=1.5$ (ottenuto da prove edometriche, paragrafo 9.2.3.1)

$$c_u = 0.22 \cdot \sigma'_v \cdot OCR^{0.8}$$

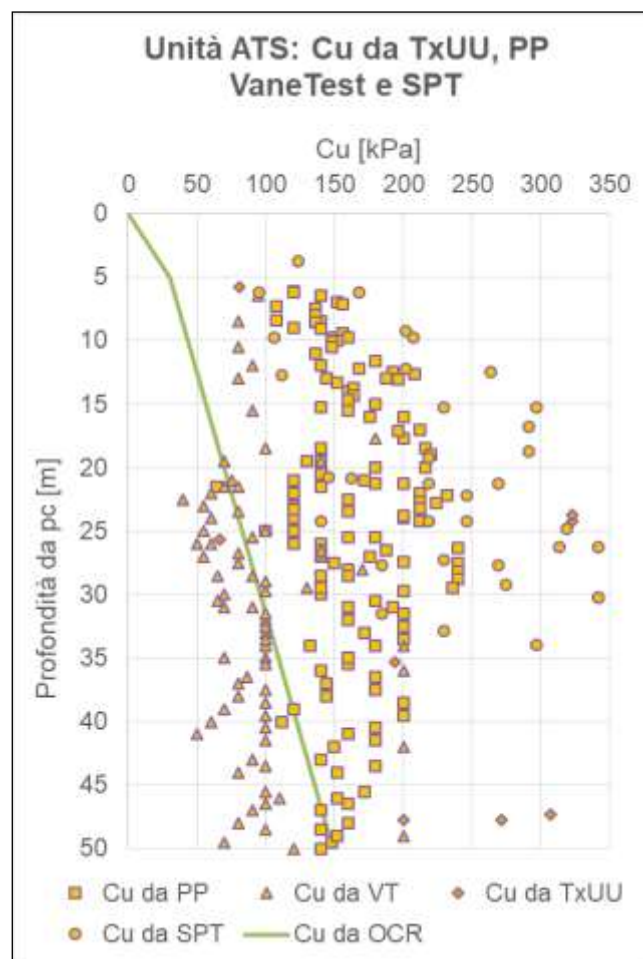


Figura 9.16: Valori di c_u da prove triassiali TxUU, PP Vane Test e da valori SPT

9.2.3 Parametri di rigidezza

9.2.3.1 Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio

I principali parametri edometrici ricavati dalle prove di laboratorio sono riassunti nella Tabella 9.4.

Sondaggio	Profondità	e_0	OCR	C_r	C_c	C_s	C_s / C_c	C_c	C_s	C_s / C_c
	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]			[%]
SGN01-CI2	11.5	0.488	2.2	0.038	0.165	0.054	33%	0.216	0.076	32.75
SGN01-CI4	20.5	0.562	1.5	0.077	0.415	0.183	44%			
SGN08-CI3	16.5	0.662	1.4	0.033	0.137	0.023	17%			
SGN08-CI5	28.5	0.576	1.1	0.021	0.140	0.045	32%			
SVI01-CI3	13.5	0.546	1.8	0.089	0.225	0.074	33%			
SVI02-CI1	18.7	0.612	1.4	0.042	0.214	0.076	36%			
SVI03-CI4	24.3	0.545	1.4	0.052	0.216	0.076	35%			

Tabella 9.4: Sommario dei parametri ottenuti dalla elaborazione delle prove edometriche disponibili

Per ciascuna prova sono state effettuate le ricostruzioni di Casagrande per la determinazione della tensione di preconsolidazione; ne è derivato che i terreni risultano leggermente sovra-consolidati, con OCR decrescente con la profondità, a conferma di quanto già osservato in precedenza. Complessivamente il valore OCR viene assunto pari a 1.5.

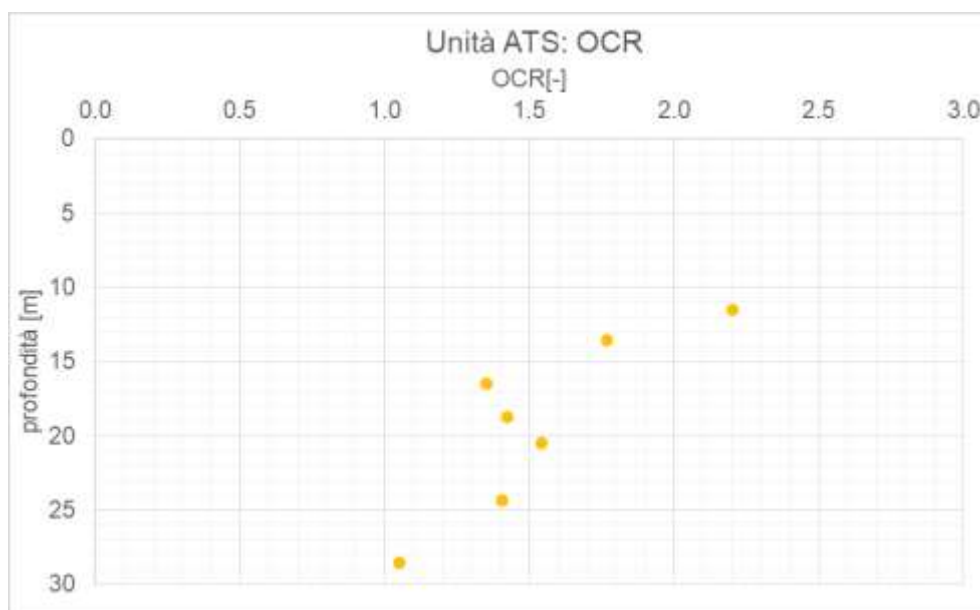


Figura 9.17: andamento del OCR in relazione alla profondità dei campioni

I coefficienti di compressione C_c calcolati sono stati posti a confronto, nella Figura 9.18, con tipici intervalli di variazione indicati dalla letteratura (vedi Lancellotta, 2009), in dipendenza dall'indice dei vuoti iniziale e_0 ; ne deriva una più che soddisfacente coerenza.

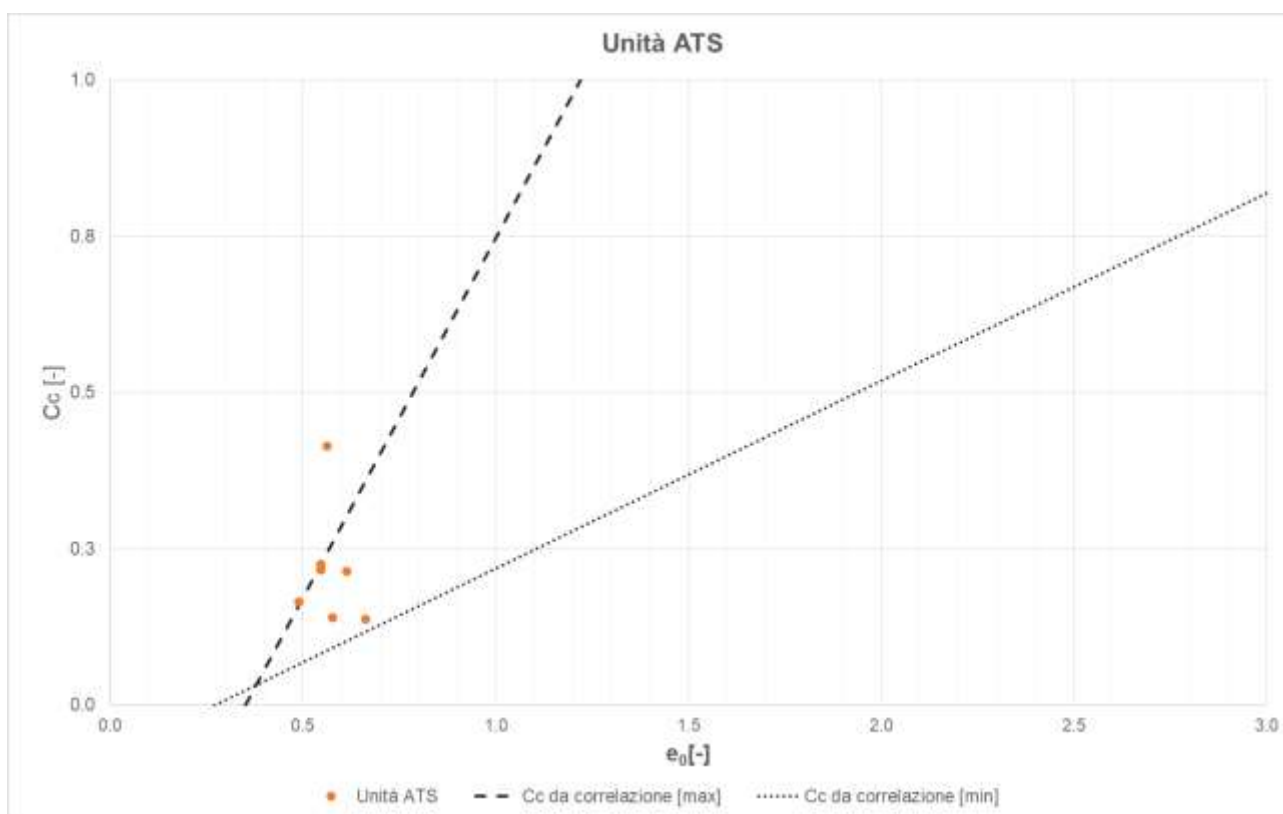


Figura 9.18: Valori di C_c calcolati per le diverse unità e confronto con indicazioni di letteratura (Lancellotta,2009)

Dalle prove edometriche sono stati anche ricavati i coefficienti di consolidazione secondaria, come già riportato nello specifico paragrafo.

Partendo dalle prove edometriche disponibili è stato ricavato il coefficiente di consolidazione come rapporto tra la variazione di deformazione tra due istanti di tempo t_1 e t_2 e la variazione logaritmica di tali tempi, prendendo a riferimento la porzione terminale dei diagrammi “deformazione-tempo”, cioè la pendenza dell’asintoto inclinato nel piano semilogaritmico $\varepsilon - \log t$. Il coefficiente è stimato dunque come

$$C_{\alpha\varepsilon} = \Delta\varepsilon / \Delta \log t$$

ottenendone l’andamento riportato nel grafico di Figura 9.19, in relazione dalla pressione di prova.

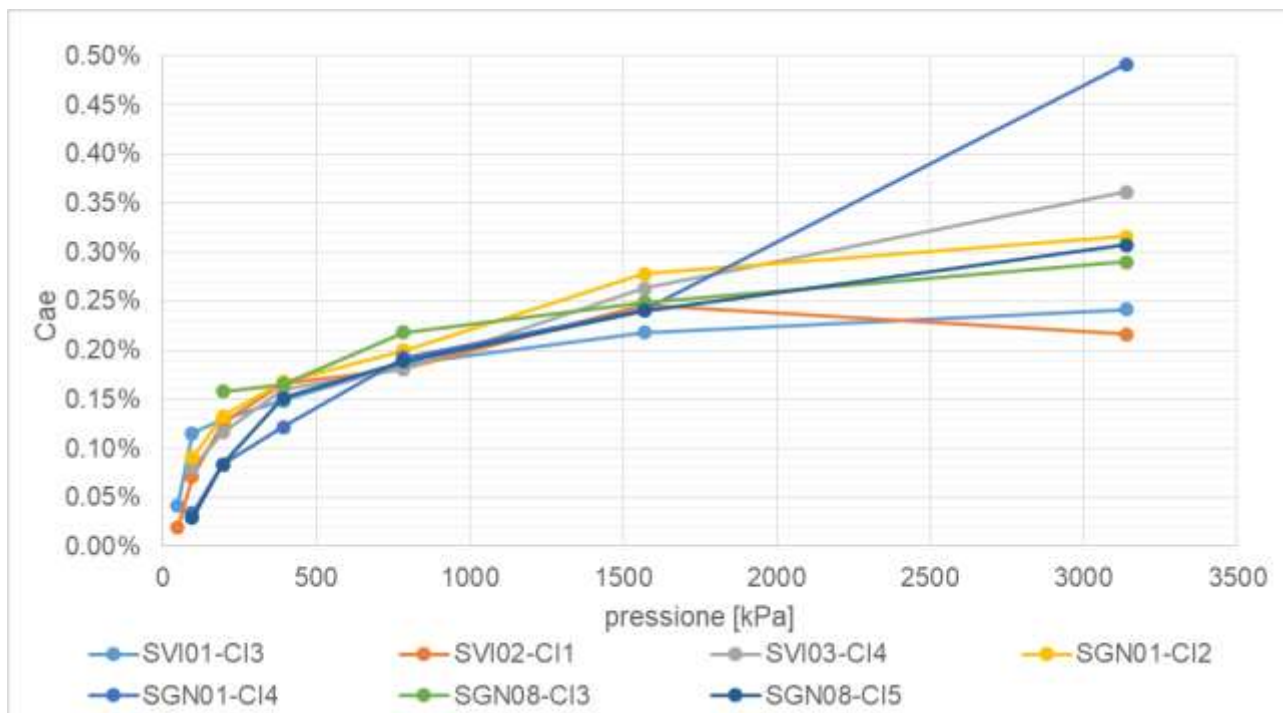


Figura 9.19: Andamento di $C_{\alpha\varepsilon}$ in relazione alla pressione di prova per i diversi campioni

Nella tabella seguente sono riportati tutti i valori ottenuti.

Pressione (kPa)	Campioni da prove edometriche						
	SVI01-CI3	SVI02-CI1	SVI03-CI4	SGN01-CI2	SGN01-CI4	SGN08-CI3	SGN08-CI5
24.52							
49.04	0.042%	0.019%					
96.07	0.115%	0.071%	0.080%	0.090%	0.034%		0.029%
196.14	0.129%	0.125%	0.116%	0.133%	0.083%	0.158%	0.084%
392.28	0.149%	0.167%	0.160%	0.168%	0.122%	0.165%	0.151%
784.56	0.186%	0.181%	0.181%	0.200%	0.192%	0.218%	0.189%
1569.12	0.218%	0.246%	0.263%	0.278%	0.241%	0.249%	0.240%
3138.24	0.241%	0.216%	0.362%	0.316%	0.491%	0.290%	0.307%

Tabella 9.5: Riepilogo valori $C_{\alpha\varepsilon}$ ottenuti dalle prove edometriche



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	90 di 156

Pressione (kPa)	Campioni da prove edometriche							C _{αε}
	SVI01-CI3	SVI02-CI1	SVI03-CI4	SGN01-CI2	SGN01-CI4	SGN08-CI3	SGN08-CI5	
Media 25-100	0.079%	0.045%	0.080%	0.090%	0.034%	-	0.029%	0.06%
Media 50-200	0.096%	0.072%	0.098%	0.112%	0.059%	0.158%	0.056%	0.09%
Media 100-400	0.131%	0.121%	0.119%	0.130%	0.080%	0.162%	0.088%	0.12%
Media 100-800	0.145%	0.136%	0.134%	0.148%	0.108%	0.180%	0.113%	0.14%

Tabella 9.6: Riepilogo valori C_{αε} medi

Il valore di C_{αε} operativo è stato quindi calcolato come media dei risultati ottenuti dai vari campioni. In corrispondenza delle pressioni di interesse, cioè per valori di 100-400 kPa (sono previsti rilevati h_{max}=8m in superficie, i quali inducono una variazione dello stato tensionale inferiore Δ=100 kPa). Ne risulta C_{αε}=0.08-0.16%, con valor medio pari a 0.12%.

9.2.3.2 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

In Figura 9.20 sono rappresentati i valori di Vs e E₀ ottenuti dalla correlazione di Ohta & Goto (paragrafo 8.2.3.2): il modulo di Poisson adottato è 0.3, α è stato assunto 1.303 (Pleistocene) mentre β assunto pari a 1.0 (argille).

Da questi grafici si può apprezzare un marcato andamento crescente dei parametri Vs e E₀ con la profondità.

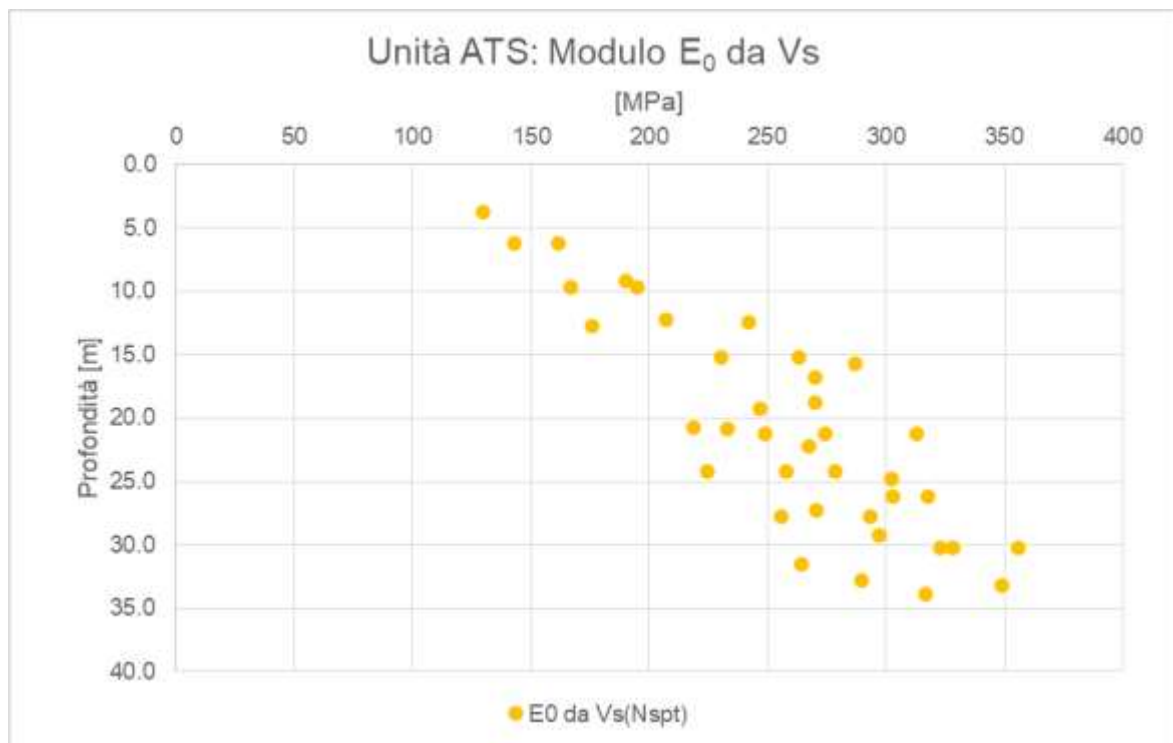
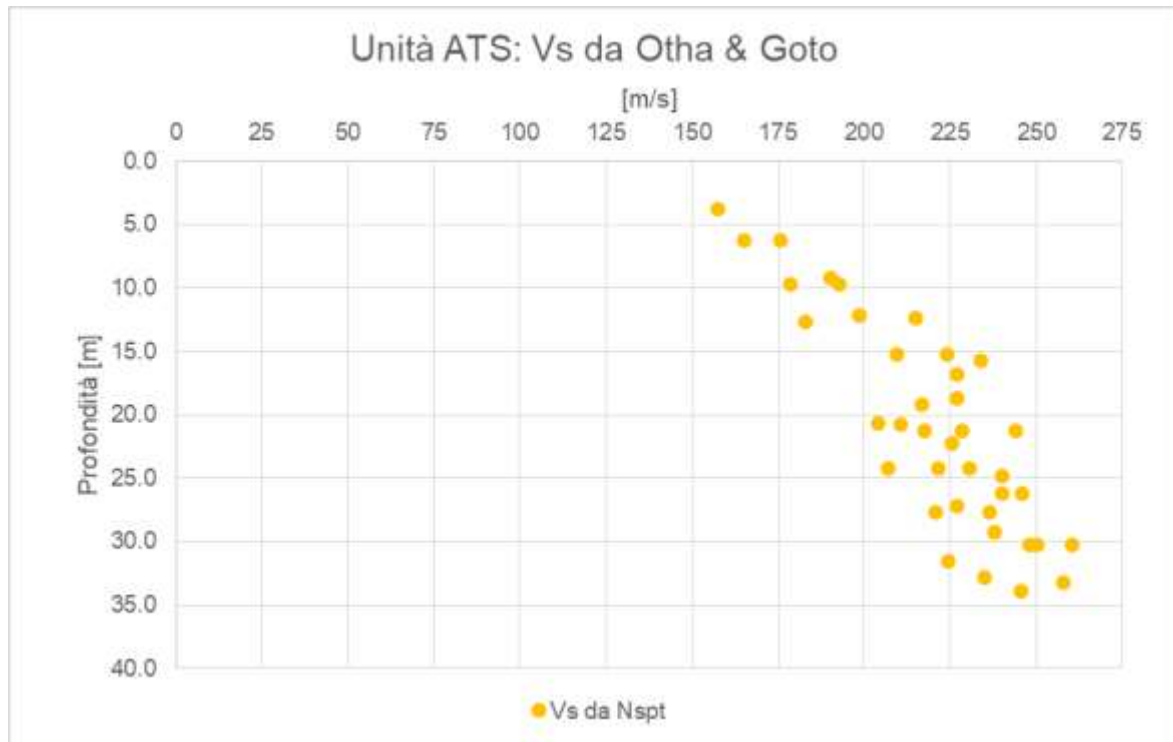


Figura 9.20: Vs ed E₀ da correlazione di Ohta & Goto per le prove SPT

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

Nel grafico di Figura 9.21 invece vengono graficati i valori del modulo elastico operativo ottenuti dalle prove in-situ MASW, Menard e DH.

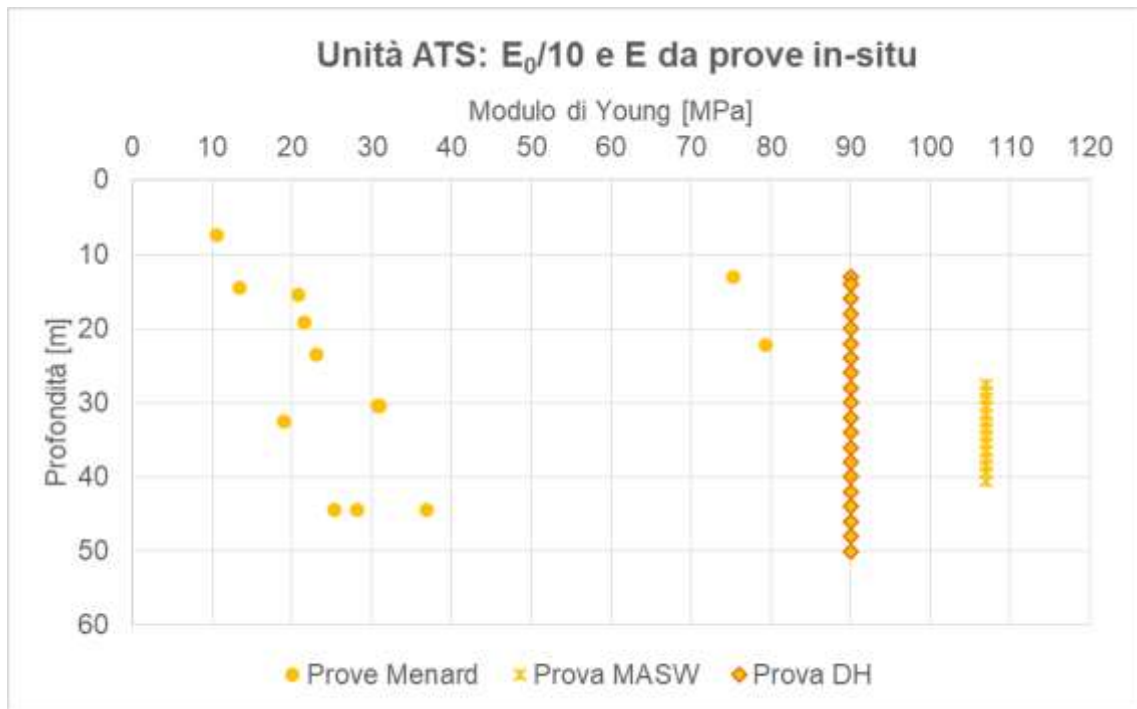


Figura 9.21: Modulo di Young da prove in-situ

È presente solo una prova MAWS (MAWS1) che fornisce come risultato $E_0/10$ medio dell'unità = 106 MPa profondità maggiori di 27.50m

Le prove DH sui sondaggi effettuati nel 2021 forniscono un valore medio dell'unità $E_0/10$ pari a 90 Mpa tra 13 e 50m di profondità.

9.2.3.3 Riepilogo Modulo elastico operativo

Nella tabella seguente vengono riepilogati i range dei valori di modulo elastico e modulo elastico operativo per le diverse prove precedentemente discussi.

	E (Vs_Ohta)	E Menard	$E_0/10$ MASW	$E_0/10$ (DH2021)
[MPa]	12-35	10-37.5	105 a z>27m	90 a z>13m

9.2.4 Permeabilità

Nell'ambito della campagna d'indagine sono state eseguite 6 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile. In Tabella 9.7 sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove Lefranc mentre in Figura 9.22 sono graficati tali valori in funzione della profondità.

Complessivamente si utilizza un valore medio pari a $5.0E-08$ m/s

Sondaggio	Prof. (m)	k (m/s)
SGN-01	11.75	7.91E-08
SGN-01	21.25	1.09E-07
SVI-01	37.45	6.59E-08
SVI-02	21.5	1.23E-07
SVI-02	36.5	4.47E-09
SVI-03	37.5	1.83E-08

Tabella 9.7: Risultati delle prove Lefranc per l'unità ATS

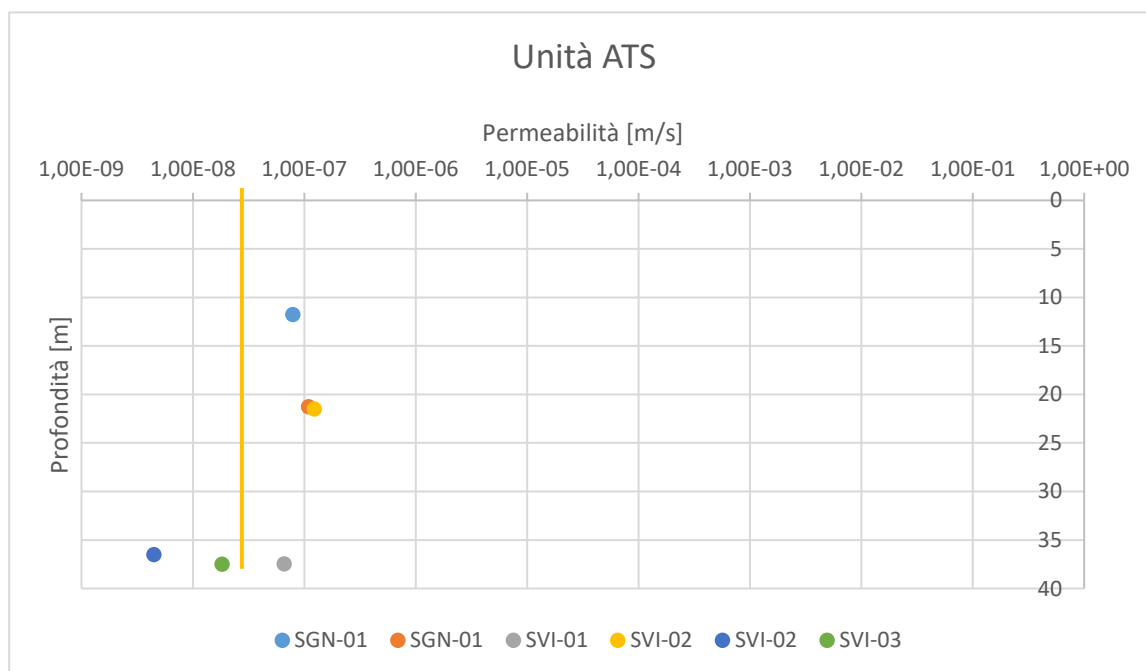


Figura 9.22: prove Lefranc per l'unità ATS

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

9.3 DEPOSITI MARINI TERRAZZATI E RECENTI : UNITÀ DM

Geologicamente l'unità viene descritta come segue:

Ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, talora da poco a mediamente cementate; sabbie e sabbie limose a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, a luoghi debolmente cementate, talora sono presenti livelli di limi argilloso-sabbiosi.

Analizzando le distribuzioni granulometriche dei campioni estratti e le foto delle cassette, di cui due esempi sono visibili in Figura 9.23 e le granulometrie rappresentate in Figura 9.24 si è deciso di classificare questa unità come materiale granulare, anche sulla base delle distribuzioni granulometriche discusse nel paragrafo 7.1.

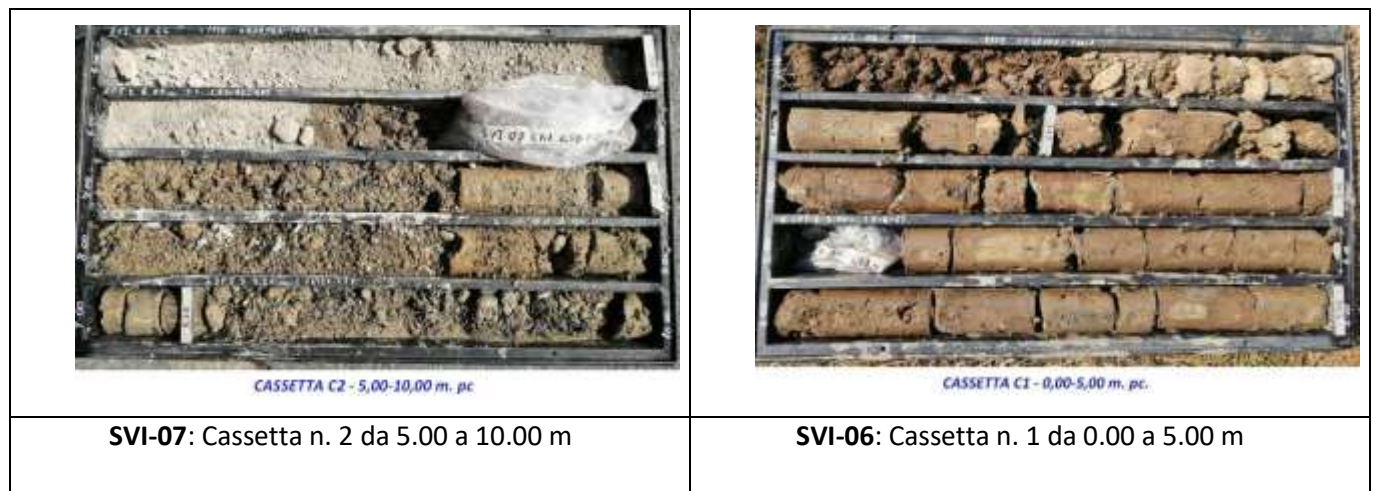


Figura 9.23: esempi di cassette per l'unità DM

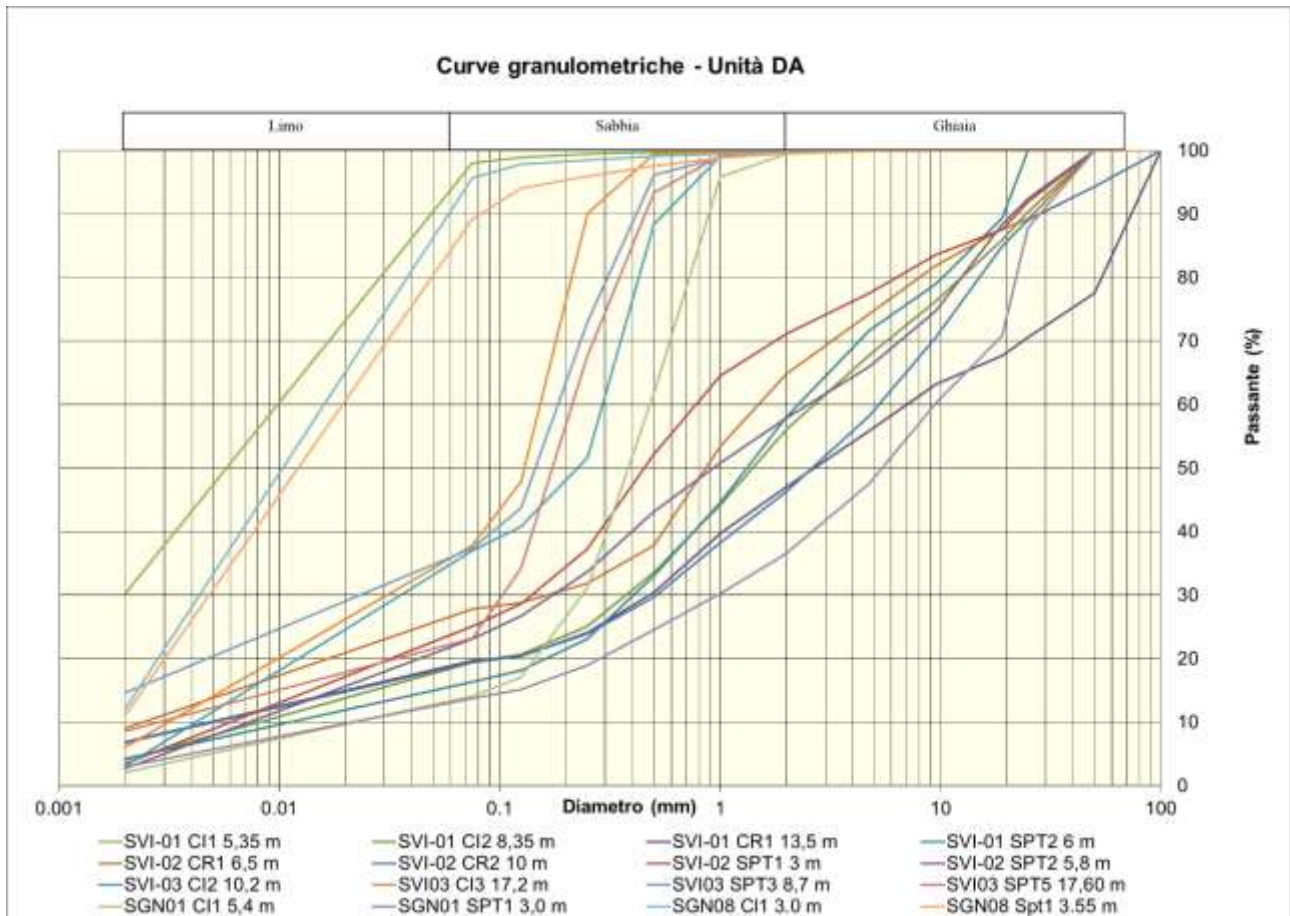


Figura 9.24: distribuzioni granulometriche campioni appartenenti all'unità DM.

9.3.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

I principali parametri inerenti alle caratteristiche fisiche e le relative proprietà indice dell'Unità DM sono riassunti nella Tabella 9.8, suddivisi per campioni e profondità di prelievo. Nella successiva Figura 9.26, invece, i valori degli stessi parametri sono riportati graficamente.

		Prof.	γ	G	S	L	A	W	WL	Ip	lc	e_0
		[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		-
SVI05	CR1	7.25	-	40.73	36.67	19.22	3.38					
SVI05	CR2	12.75	-	11.88	62.27	22.76	3.08					
SVI04	CR1	10.25	-	64.16	27.16	7.62	1.06					
SVI05	CR3	21.25	-	82.08	15.89	1.74	0.29					
SVI05	CR4	29.25	-	50.67	37.04	10.6	1.69					
SVI05	CR5	39.25	-	67.19	26.94	5.31	0.55					
SVI06	Spt1	3.23	-	33.62	26.89	21.65	17.84					
SVI07	CRim1	6.25	-	61.05	30.68	6.76	1.52					
<i>Indagini 2013</i>												
BH01	CR3	10.65		18.06	37.02	29.66	15.26					
BH01	CR6	28.70		24.62	41.11	22.29	11.98					
<i>Indagini 2017</i>												
S1 198+208	S1 198+208 -C1	18.00	19.90	9.50	10.8	25.4	54.3	23.1	61.0	38.9		0.629
	S1 198+208 -C2	20.75	21.00	28.10	33.8	28.8	9.3	18.4	53.4	17.0		0.748
S1 200+784	S1 200+784 C1	18.75	20.90	0.00	61.7	32.7	5.6	12.6	24.0	3.6		0.418
	S1 200+784 C2	20.75	21.20	26.80	45.4	18.3	9.5	10.8	28.7	12.4		0.538
S1 197+258	S1 197+258 R1	7.25		48.15	33.94	15.09	2.81					
	S1 197+258 R2	14.05		50.67	22.24	23.8	3.29					
S1 197+699	S1 197+699 R1	5.75		58.11	32.03	9.48	0.38				1.0	
	S1 197+699 R2	12.25		47.0	49.35	3.55	0				2.1	
S1 197+975	S1 197+975 C1	15.75	17.90	9.84	47.32	42.84	0.00	34.8			3.2	1.010
	S1 197+975 R1	8.75		40.09	44.98	13.25	1.68				1.4	
	S1 197+975 R2	17.25		78.30	20.32	1.2	0.19					
S 198+805	S 198+805 R1	5.75		17.52	60.75	19.65	2.08					
	S 198+805 R2	13.25		62.38	34.26	2.87	0.49					
S 199+089	S 199+089 R1	6.75		38.45	47.78	12.52	1.25					
	S 199+089 R2	14.50		9.84	65.9	21.38	2.89					
S1 000+670	S1 000+670 R1	9.75		8.87	78.41	11.4	1.32					
	S1 000+670 R2	13.75		40.15	38.33	18.83	2.69					
S1 001+357	S1 001+357 R1	8.10		35.59	63.04	1.38	0.00					
	S1 001+357 R2	10.53		19.04	76.13	3.26	1.57					

Tabella 9.8: Principali parametri Unità DM

Con riferimento i grafici di Figura 9.25, i pesi dell'unità di volume presentano una certa variabilità, compresa tra 18.0 e 21.0 kN/m³, con un valor medio pari a 20.0 kN/m³. L'indice dei vuoti può essere assunto mediamente pari a 0.6.

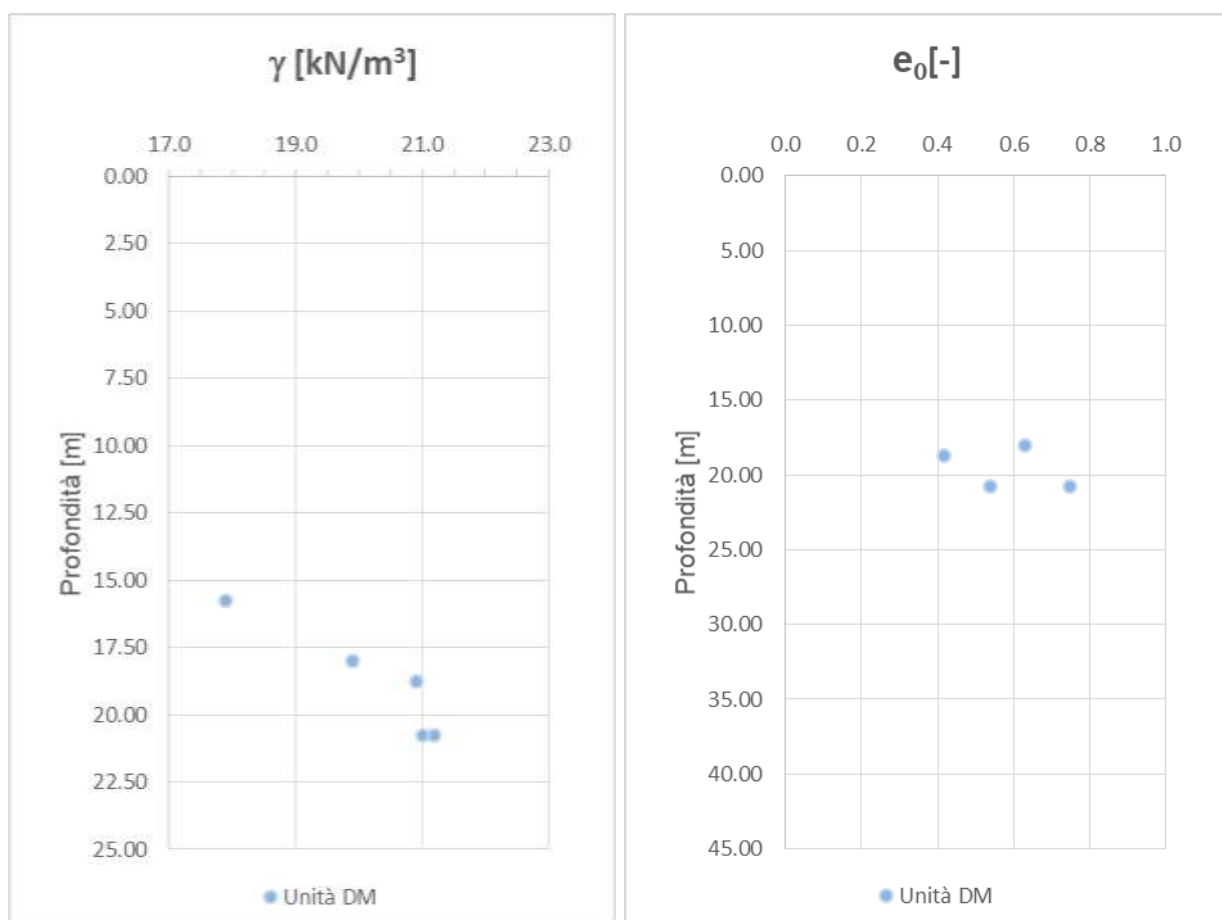


Figura 9.25: Andamenti con la profondità dei pesi dell'unità di volume e dell'indice dei vuoti

9.3.2 Parametri di resistenza

9.3.2.1 Condizioni drenate

In questo paragrafo vengono riassunti i risultati derivanti dalle prove di taglio diretto disponibili per l'unità in esame dai campioni indisturbati. I dati sono stati cumulati in modo da ottenere una regressione su più prove. Poiché si è deciso di trattare questa unità come materiale granulare, i campioni indisturbati prelevati potrebbero risultare poco rappresentativi dell'intera unità, in quanto potrebbero presentare porzione fina più abbondante non riscontrabile globalmente. L'analisi delle prove di taglio diretto è quindi stata realizzata come riferimento, tenendo comunque conto i risultati ottenuti dalle prove in sito per la definizione finale dei parametri di resistenza.

Come riscontrabile dalla Figura 9.26 i dati riportati nel grafico di restituiscono, : $\varphi' = 32^\circ - c' = 10 \text{ kPa}$

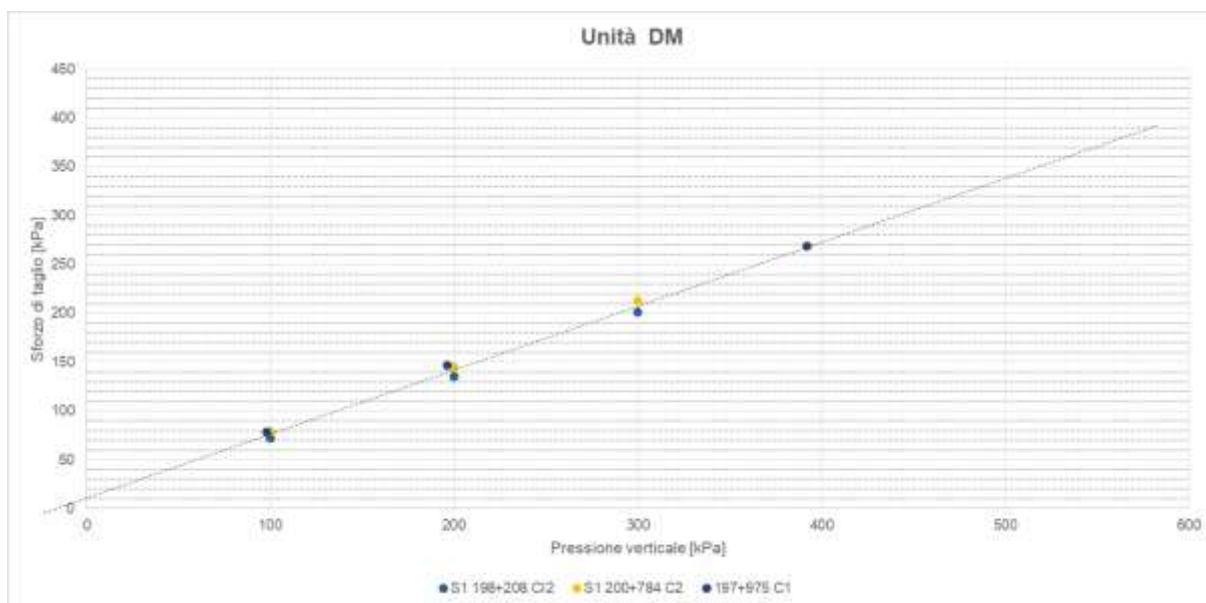


Figura 9.26: Unità DM - interpretazione delle prove di taglio diretto

Dalla rappresentazione grafica dei valori di laboratorio è stata tracciata una retta interpolando i dati a disposizione, ottenendo il seguente risultato:

	Unità DM	
	Prova taglio diretto	
	c' [kPa]	φ [°]
Retta	10	32

Di seguito sono riportati i risultati della correlazione di Wolff espressa in precedenza (paragrafo 8.3.2.2.1, correlazione per ricavare l'angolo di attrito a partire da N_{spt}), per i risultati delle prove DPSH e SPT per l'**unità DM**. Il coeff. C_n è stato assunto quello relativo alle sabbie grosse.

$$C_N = \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{vd}}{P_s}}$$

per sabbie grosse

Nella Figura 9.3 si graficano i risultati, ottenendo un φ compreso tra 30 e 40 °.

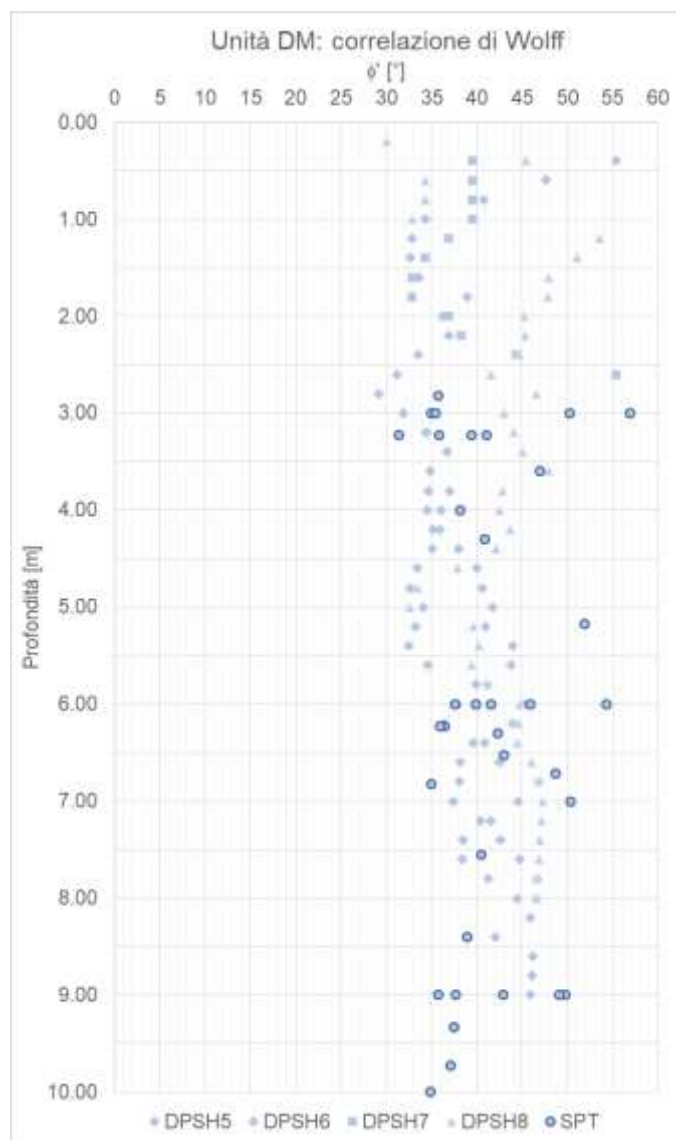


Figura 9.27: Angolo di attrito da correlazione di Wolff per le prove DPSH e SPT

Nella seguente tabella vengono riassunti i valori ottenuti dalle differenti correlazioni/prove

	Unità DM	
	TD	correlazione Wolff
ϕ [°]	32	30-40
c' [kPa]	10	//

9.3.3 Parametri di rigidezza

9.3.3.1 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

Nella Figura 9.28 seguente sono rappresentati i valori del modulo elastico ottenuti dalle prove SPT e DPSH, applicando la correlazione di Denver (paragrafo 8.3.3.2), per l'unità in questione si utilizzano i parametri relativi alle sabbie e ghiaie ($E=0.756 \cdot N_{spt}+18.75$).

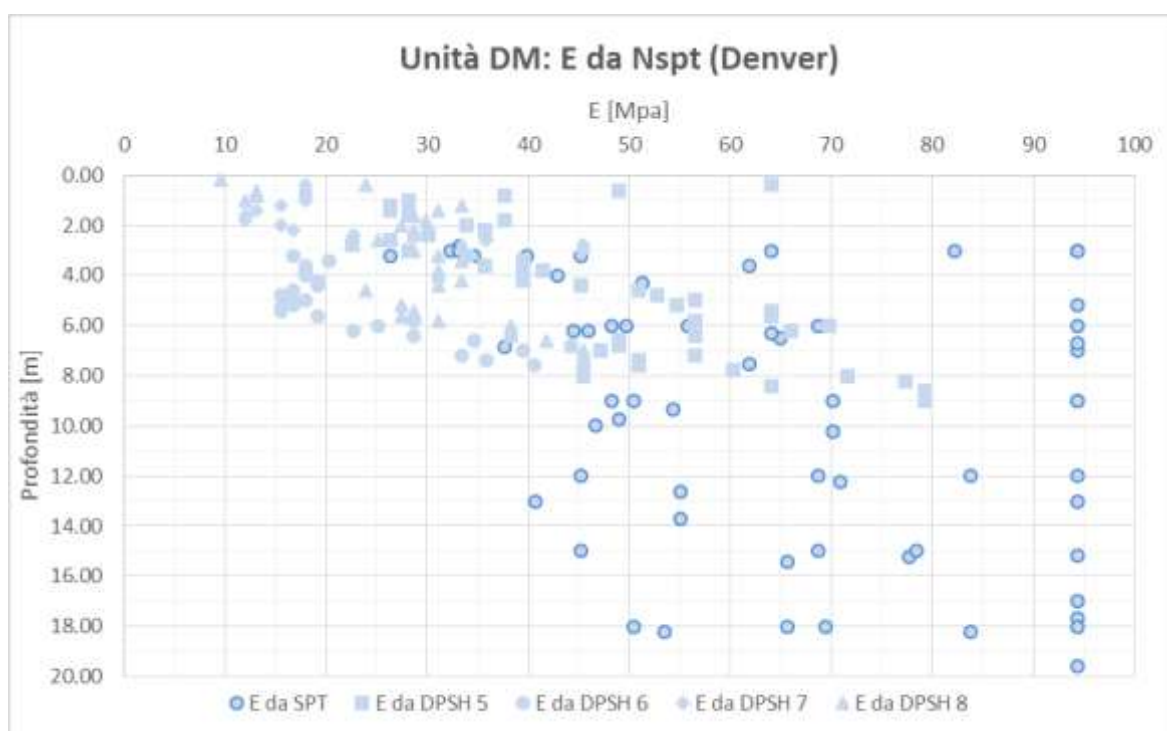


Figura 9.28: Modulo di Young da correlazione di Denver per prove SPT e DPSH

In Figura 9.29 sono rappresentati i valori di V_s e E_0 ottenuti dalla correlazione di Ohta & Goto (paragrafo 8.2.3.2): il modulo di Poisson adottato è 0.3, α è stato assunto 1.303 (Pleistocene) mentre β assunto pari a 1.14 (sabbie). Da questi grafici si può apprezzare un marcato andamento crescente dei parametri V_s e E_0 con la profondità, con valori di $E_0/10$ compresi tra 10 e 45 MPa per profondità comprese tra 5 e 20 m.

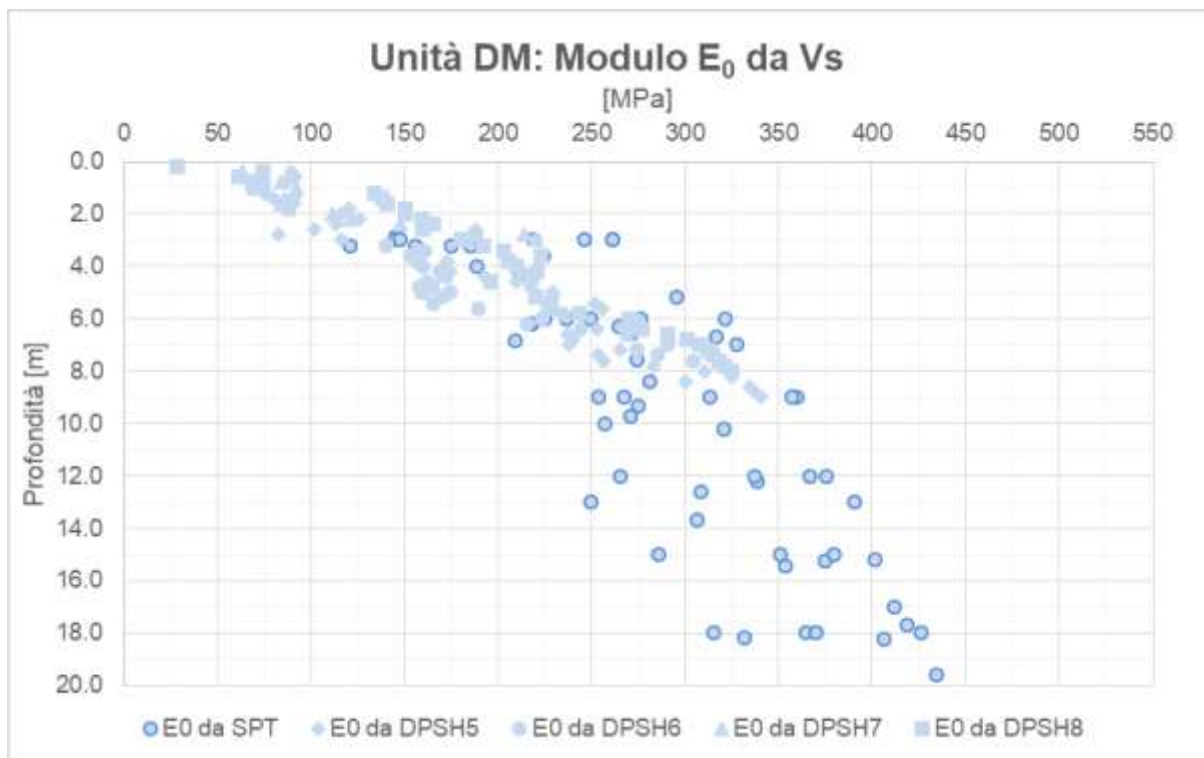
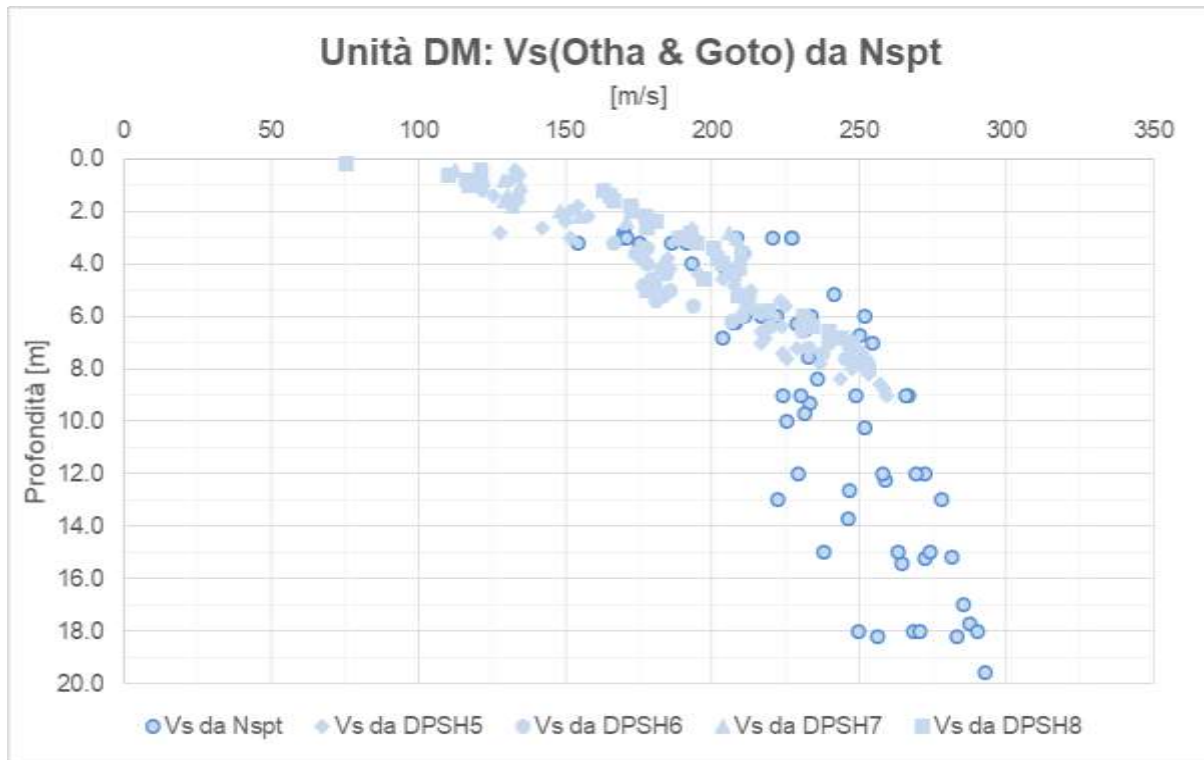


Figura 9.29: Vs e E_0 da correlazione di Ohta & Goto applicata ai risultati Nspt

In Figura 9.30 seguente sono stati graficati i valori ottenuti dalle prove in-situ MASW e DH. Si può notare che mediamente i valori di $E_0/10$ sono compresi tra 40 e 120 MPa.

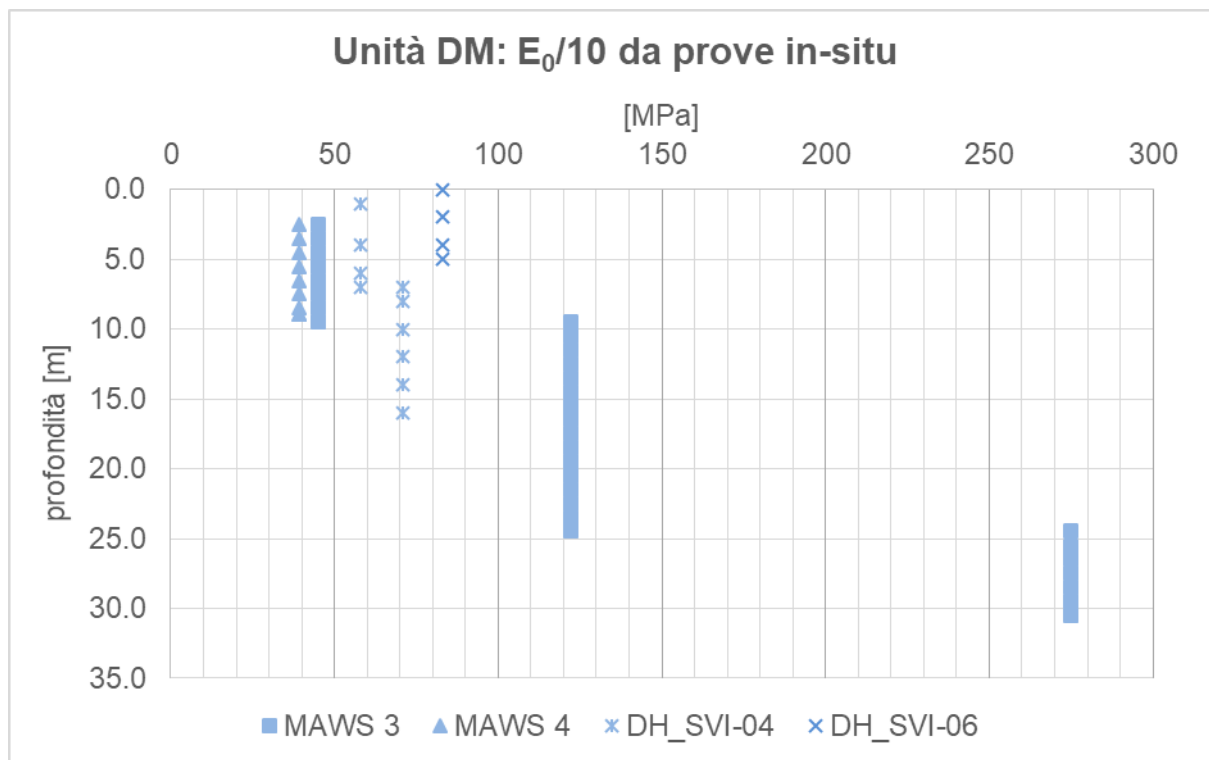


Figura 9.30: Modulo di Young da prove in situ MASW e DH_2021

In Figura 9.31 sono graficati i risultati delle prove DH delle indagini 2017, sono indicati i valori delle velocità V_s medie per ogni sismostrato appartenente all'unità DM, e i corrispondenti valori di modulo elastico operativo.

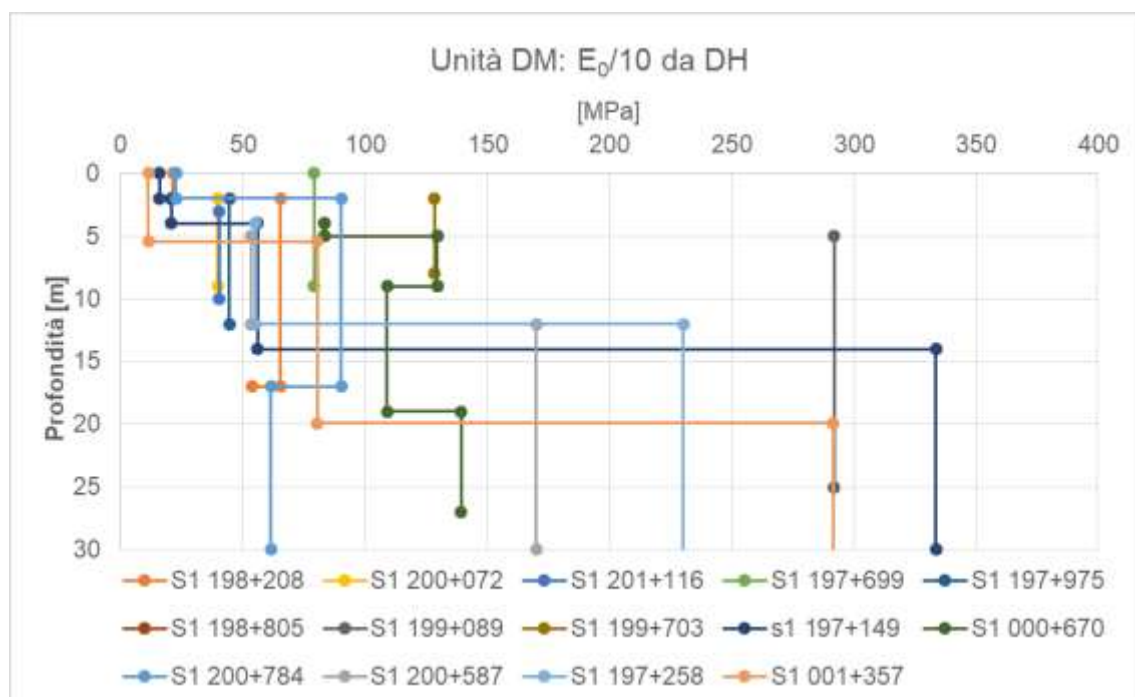
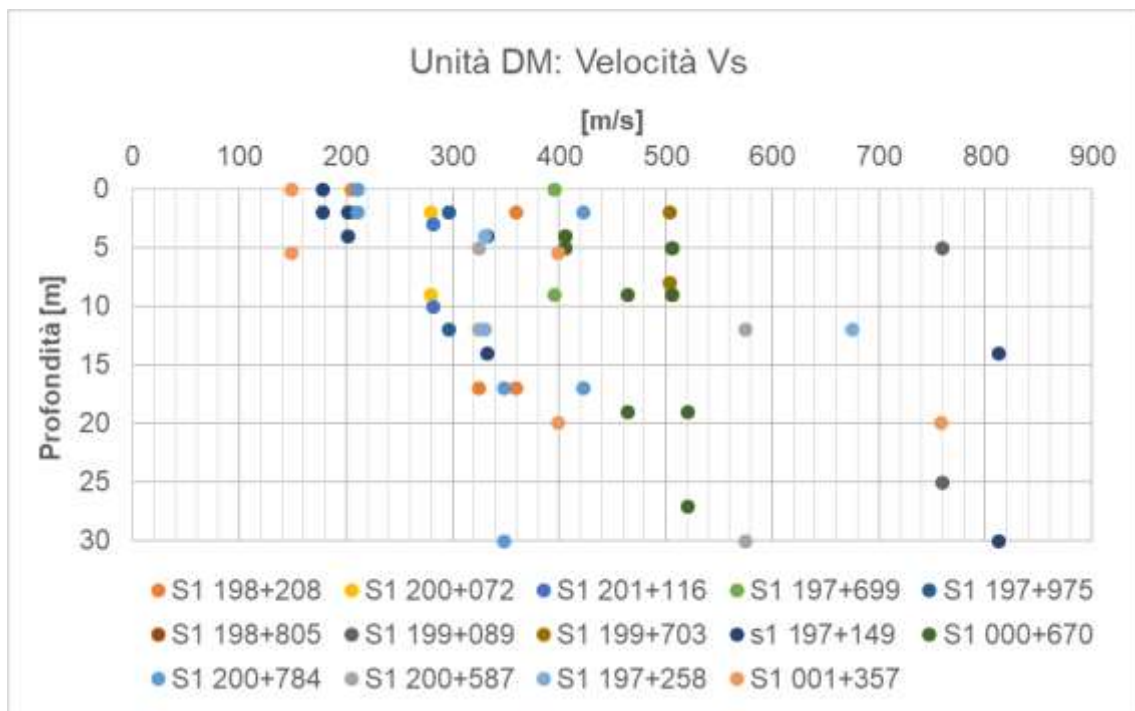


Figura 9.31: Vs e modulo $E_0/10$ da prove DH_2017 unità DM



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	105 di 156

9.3.3.2 Riepilogo Modulo elastico operativo

Nella tabella seguente vengono riepilogati i range dei valori di modulo elastico e modulo elastico operativo per le diverse prove precedentemente discussi.

	E Nspt Denver	$E_0/10$ Vs (Ohta)	$E_0/10$ MASW	$E_0/10$ DH_2021	$E_0/10$ DH_2017
Unità DM [MPa]	20-100	10-45	40-125	z<15m: 75	z<15m: 75 z>15m: 120

In genere, è individuabile un andamento crescente con la profondità.

9.3.4 Permeabilità

Nell'ambito della campagna d'indagine sono state eseguite 6 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile. In Tabella 9.8 sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove e nell'immagine successiva sono graficati in relazione alla profondità.

Complessivamente viene assegnata all'unità una permeabilità pari a $2.0E-6$ m/s

Sondaggio	Prof. (m)	k (m/s)
SVI-07	8.7	2.18E-06
SVI-04	10.8	1.16E-06
SVI-05	7.65	1.40E-06
SVI-05	20.25	5.10E-07
SVI-05	33.75	3.06E-07
SGN-07	5.45	2.75E-07

Tabella 9.9: Risultati delle prove Lefranc per l'Unità DM

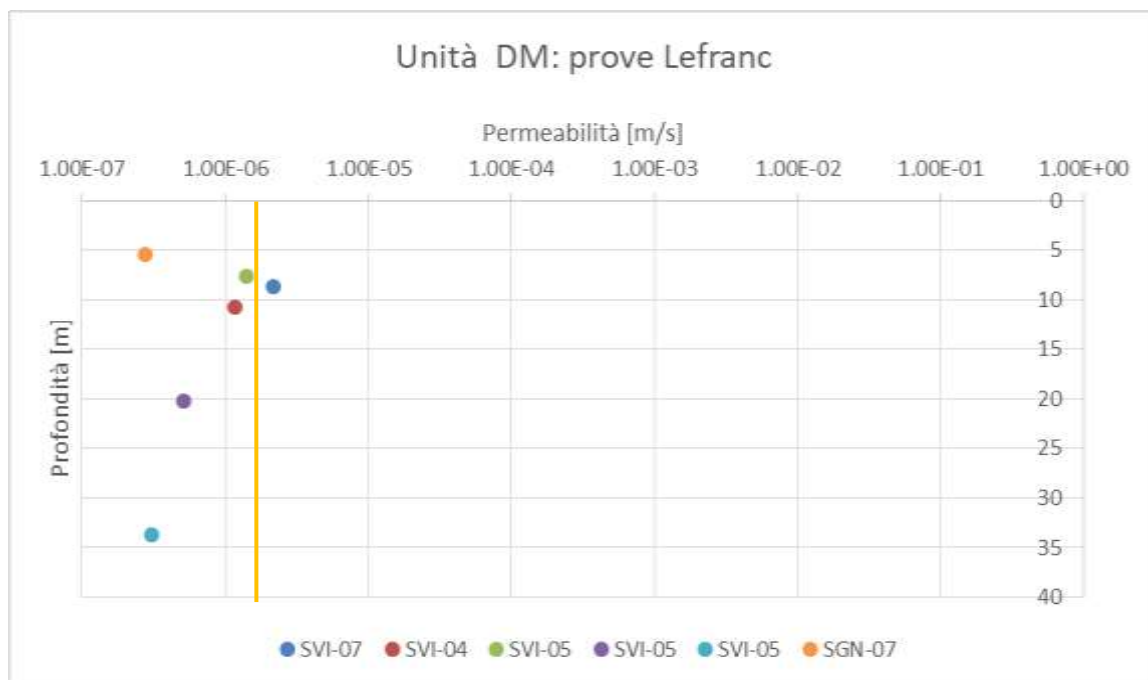


Figura 9.32: prove Lefranc a disposizione per l'unità DM

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

9.4 ARGILLE MARNOSE DEL T. LAVANDAIO: UNITÀ ALD

Geologicamente l'unità viene descritta come segue:

Argille limo e argille marnose grigie, con occasionali passaggi di argille fogliettate rosso-scure, locali livelli di argille nodulari grigie e frequenti intercalazioni millimetriche e centimetriche di sabbie e sabbie limose grigie, a struttura indistinta o laminata. A luoghi si rinvencono intercalazioni di arenarie, calcari e marne bruno-chiare, finemente laminate, e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate, in abbondante matrice sabbioso-limosa grigia, da scarsa ad abbondante.

Analizzando le distribuzioni granulometriche dei campioni estratti e le foto delle cassette, di cui due esempi sono visibili in Figura 9.33 e le granulometrie rappresentate in Figura 9.34 e discusse anche nel paragrafo 7.2. si è deciso di caratterizzare questa unità come materiale coesivo.



Figura 9.33: Esempi di cassette per l'unità ALD.

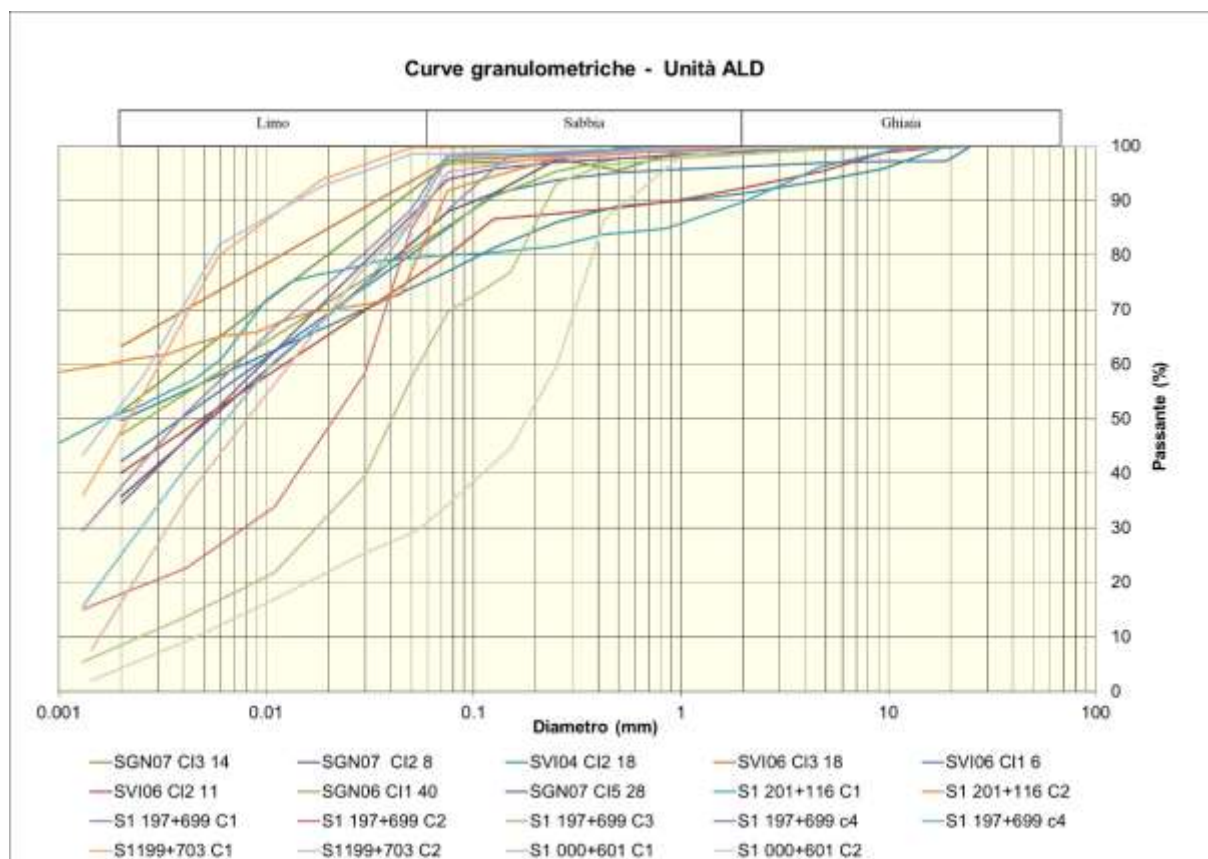


Figura 9.34: distribuzioni granulometriche campioni appartenenti all'unità ALD.

9.4.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

I principali parametri inerenti alle caratteristiche fisiche e le relative proprietà indice dell'Unità **ALD** sono riassunti nella Tabella 9.10, suddivisi per campioni e profondità di prelievo. Nelle successive Figura 9.35 e Figura 9.36, invece, i valori degli stessi parametri sono riportati graficamente.

		Prof. Media	γ	G	S	L	A	W	WL	Ip	lc	e_0
		[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		–
<i>Indagini 2021</i>												
SGN06	CI1	40.35	18.83	0.90	17.64	34.33	47.12	19.6	55.6	31.1	1.2	0.722
SGN07	CI2	8.35	19.45	0.18	15.76	48.29	35.78	18.0	50.4	21.0	1.5	0.644
SGN07	CI3	14.70	19.61	0.40	4.64	43.67	51.29	15.9	52.0	24.9	1.4	0.609
SGN07	CI5	28.35	20.05	1.05	6.9	57.57	34.48	14.1	45.1	18.7	1.7	0.544
SVI04	CI2	18.30	19.21	8.70	11.22	30.33	49.75	17.3	42.1	16.7	1.5	0.657
SVI04	SPT7	23.22		0.75	11.51	74.68	13.05					
SVI06	CI1	6.35	19.48	3.77	9.21	44.78	42.24	23.2	60.0	28.1	1.3	0.717
SVI06	CI2	11.35	20.65	7.72	8.23	43.93	40.12	13.7	54.0	26.3	1.5	0.493
SVI06	CI3	18.35	21.46	0.49	2.76	33.5	63.25	18.3	60.9	30.8	1.4	0.505
SVI06	Spt2	6.93		4.39	16.16	37.89	41.56					
<i>Indagini 2017</i>												
S1 200+072	S1 200+072 C1	14.75	20.30	0.00	1	44.6	54.4	16.6	47.9	25.4	1.2	0.539
	S1 200+072 C2	17.75	20.40	0.00	0.4	34.1	65.5	17.1	52.0	18.2	1.9	0.853
S1 201+116	S1 201+116 C1	10.45	20.20	10.20	9.8	21.5	58.50	22.6	50.7	38.1	0.7	0.593
	S1 201+116 C2	13.75	17.90	0.00	8.2	27.7	64.10	25.4	124.0	87.9	1.1	0.853
S1 197+699	S1 197+699 C1	14.68	21.23	0.36	7.98	54.85	36.82	14.7	56.4	26.8	1.6	0.470
	S1 197+699 C2	18.70	21.83	0.53	11.42	71.73	16.32	14.9	55.1	28.0	1.4	0.423
	S1 197+699 C3	23.20	21.67	1.48	37.79	53.31	7.42	9.9	26.6	8.7	1.9	0.362
	S1 197+699 C4	30.00	21.35	0.08	10.16	68.55	21.21	16.7	54.3	26.0	1.4	0.478
S 198+805	S 198+805 C1	21.80	22.29	0.02	8.73	50.98	40.27	13.6	63.8	39.4	1.3	0.371
	S 198+805 C2	28.20	21.57	0.08	9.53	56.87	33.53	15.4	46.1	26.1	1.2	0.450
S1 199+703	S1 199+703 C1	9.25	21.17	0.00	0.2	54.9	44.90	14.2	64.5	38.1	1.3	0.430
	S1 199+703 C2	20.75	20.99	0.00	1.47	45.61	52.92	19.5	56.4	32.8	1.1	0.524
S1 000+601	S1 000+601 C1	13.75	19.85	0.13	10.14	74.52	15.21	21.7	60.1	31.1	1.2	0.615
	S1 000+601 C2	26.75	21.85	0.58	68.75	26.88	3.79	12.5				0.386

Tabella 9.10: Principali parametri unità ALD

Con riferimento ai grafici di Figura 9.35, i pesi dell'unità di volume presentano una certa variabilità, mediamente si possono individuare valori compresi tra 18 e 22.0 con un valore medio 20.5 kN/m³. L'indice dei vuoti risulta con un valore medio pari a 0.5.

L'andamento dell'indice di plasticità di Figura 9.36 presenta valori compresi tra 10 e 40, indica una condizione tra POCO PLASTICA ($5 < I_p < 15$) e PLASTICA ($15 < I_p < 40$), con una prevalenza e un valor medio individuato nella zona a comportamento PLASTICO ($I_p = 30$).

La consistenza è generalmente individuabile tra SOLIDO-PLASTICA e SEMISOLIDA con valori compresi tra 1.0 e 2, e valor medio pari a 1.5, come riscontrabile dai valori dell'indice di consistenza riportati nel grafico della stessa figura.

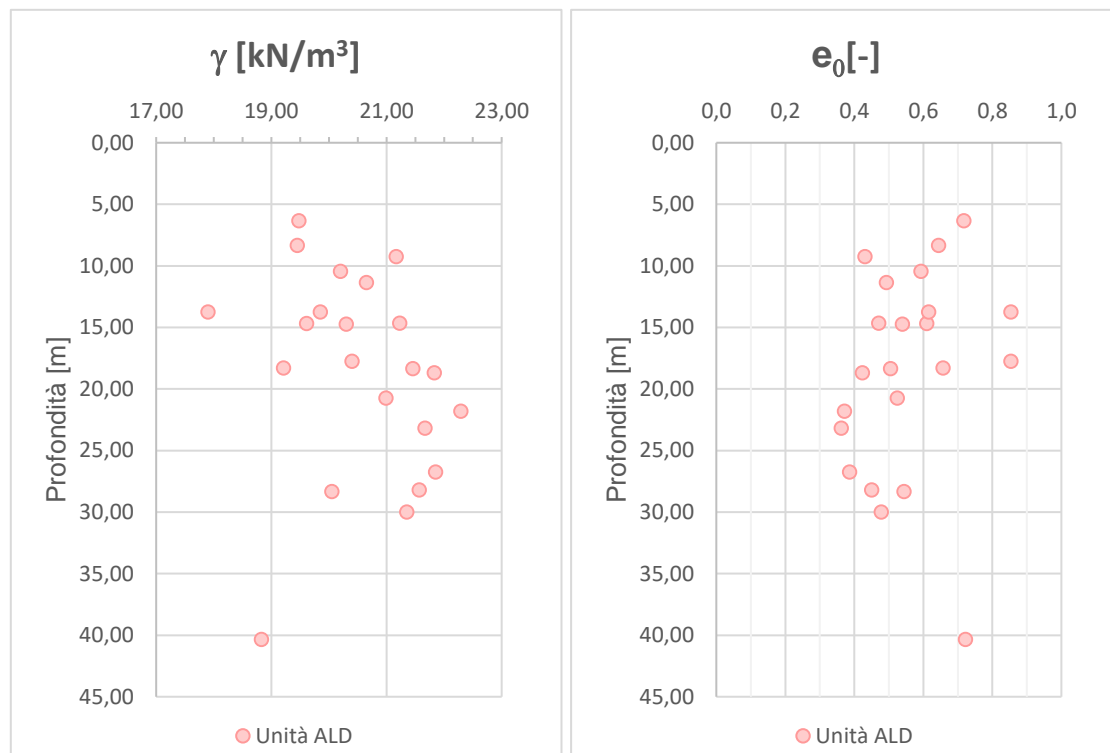


Figura 9.35: Andamenti con la profondità dei pesi dell'unità di volume e dell'indice dei vuoti

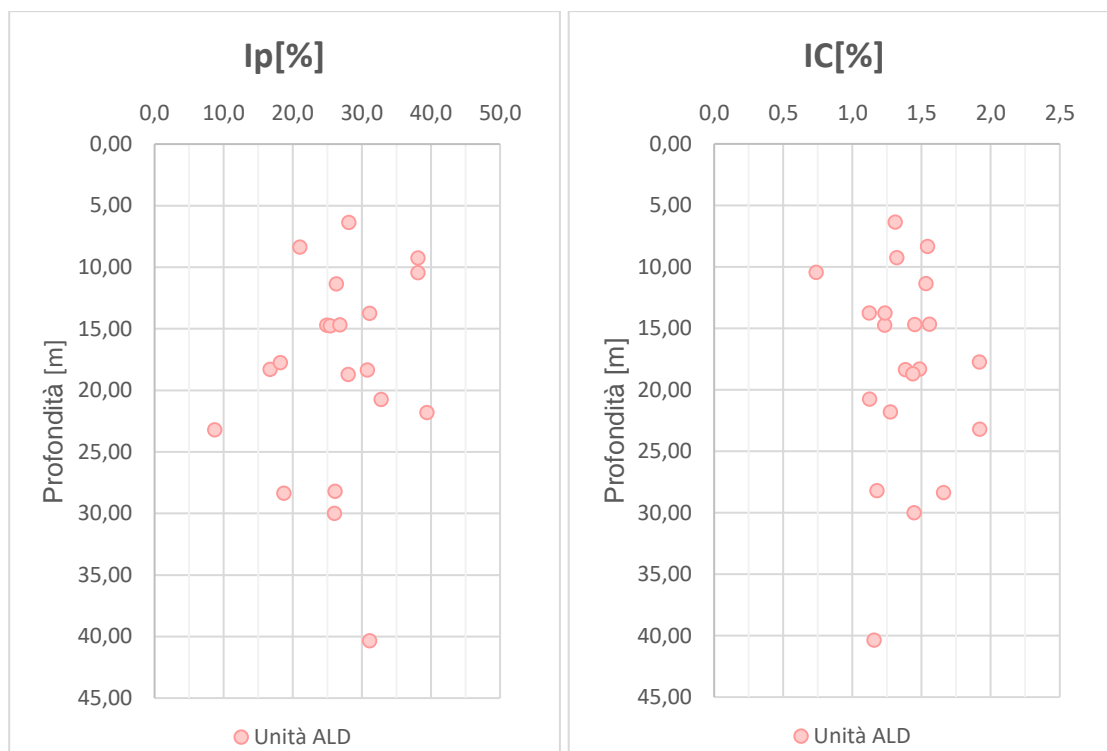


Figura 9.36: Andamenti con la profondità degli indici di Plasticità e di Consistenza

La distribuzione dei dati nella Carta di Plasticità di Casagrande (Figura 9.37) classifica i terreni generalmente come argillosi inorganici, di ALTA plasticità. Per quanto riguarda la carta di Attività, i campioni risultano principalmente all'interno di argille inattive e normali.

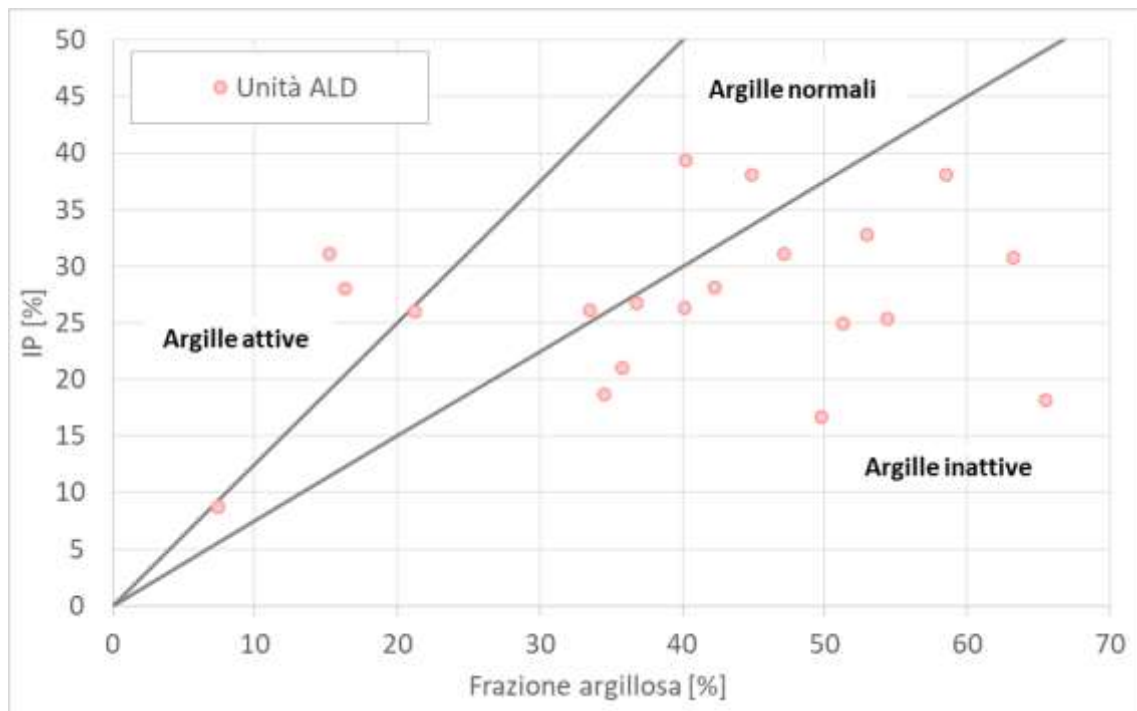
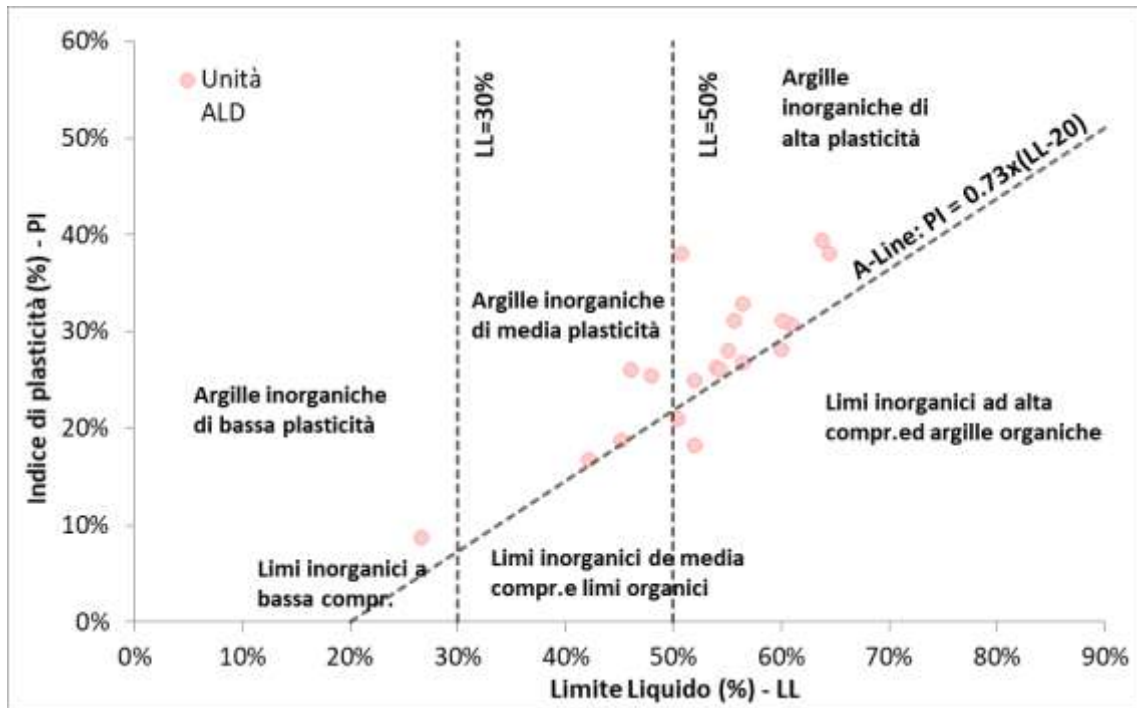


Figura 9.37: Carta di Plasticità (in alto) e Carta di attività (in basso)

9.4.2 Parametri di resistenza

9.4.2.1 Condizioni drenate

In questo paragrafo vengono riassunti i risultati derivanti dalle prove di taglio diretto disponibili per l'unità in esame. I dati sono stati cumulati in modo da ottenere una regressione su più prove. Come riscontrabile dalla Figura 9.38 per l'unità ALD, i dati riportati nel grafico di restituiscono, φ' compreso tra 22° e 30° e una coesione $c'=10-40$ kPa

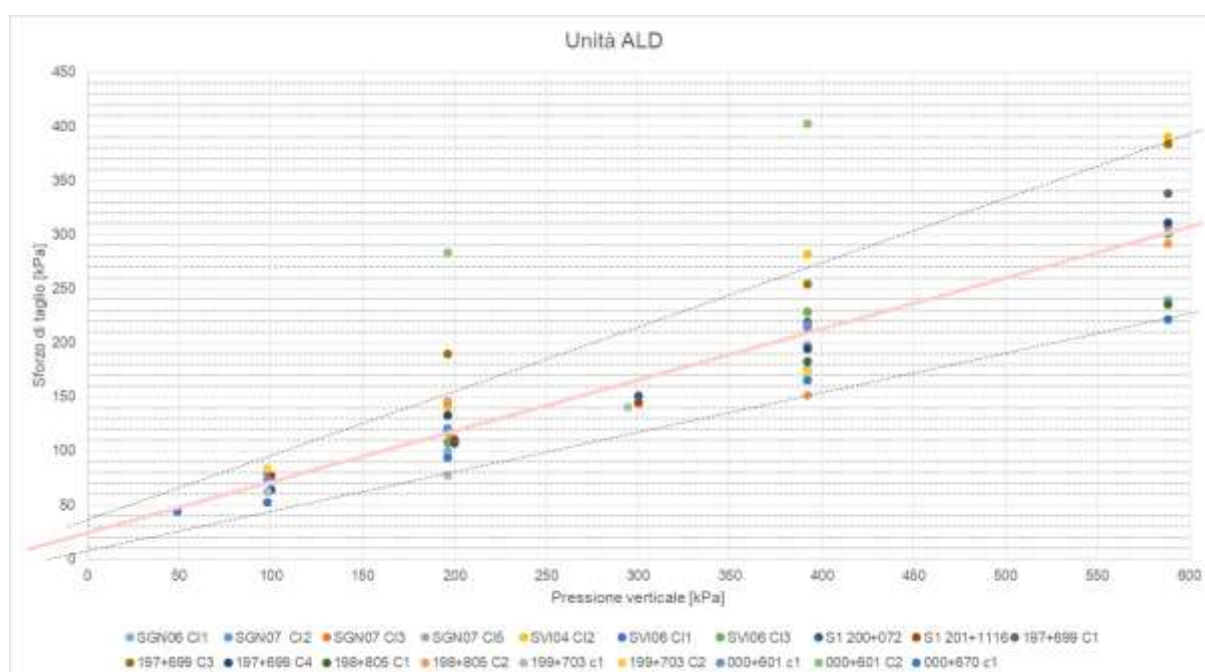


Figura 9.38: Unità ALD - interpretazione delle prove di taglio diretto

Dalla rappresentazione grafica dei valori di laboratorio sono state tracciate due rette, in modo da individuare un range di valori caratteristici.

I risultati dell'interpolazione sono:

	Unità ALD	
	Prova taglio diretto	
	c' [kPa]	ϕ [°]
Retta inf	6	20.0
Retta sup	35	31.0
Retta Media	25	25.0

9.4.2.2 Condizioni non drenate

Dalle prove triassiali UU sono stati ottenuti i valori di c_u rappresentati in Figura 9.39: sono presenti solamente due prove che forniscono una coesione non drenata pari a 305 e 354 kPa.

Nella stessa immagine sono anche graficati i valori di c_u ottenuti da Penetrometro Poket, Vane Test dalla correlazione di Stroud (paragrafo 8.2.2.1.3, per l'unità in questione si è considerato $IP=30$ (valore medio delle prove a disposizione) e quindi $f_1= 4.6$).

Complessivamente si riscontra un valore medio di 200 kPa.

La coesione non drenata può essere inoltre rappresentata dalla formulazione lineare con la profondità, ponendo $OCR=1.5$ (ottenuto da prove edometriche, paragrafo 9.2.3.1)

$$c_u = 0.22 * \sigma'_v * OCR^{0.8}$$

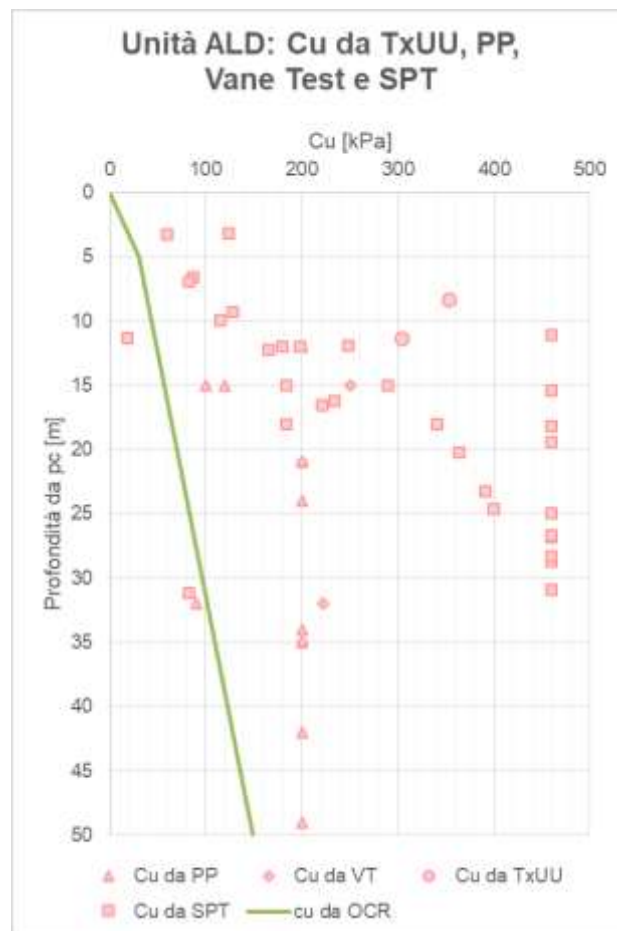


Figura 9.39: Valori di c_u da prove triassiali (sx) e PP e Vane Test (dx)

9.4.3 Parametri di rigidezza

9.4.3.1 Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio

I principali parametri edometrici ricavati dalle prove di laboratorio sono riassunti nella Tabella 9.11

Sondaggio	Profondità	e_0	OCR	C_R	C_c	C_s	C_s / C_c	C_c	C_s	C_s / C_c
	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]	[-]	[-]	[%]
SGN06-CI01	40.35	0.722	1.0	0.029	0.191	0.055	29%	0.158	0.052	33.6
SGN07-CI03	14.70	0.609	1.4	0.021	0.154	0.046	30%			
SGN07-CI5	28.35	0.544	1.5	0.014	0.112	0.039	35%			
SVI04-CI2	18.30	0.657	2.0	0.023	0.150	0.046	31%			
SVI06-CI1	6.35	0.717	3.7*	0.024	0.209	0.062	30%			
SVI06-CI2	11.35	0.493	1.6	0.026	0.131	0.062	48%			

Tabella 9.11: Sommario dei parametri ottenuti dalla elaborazione delle prove edometriche disponibili

Per ciascuna prova sono state effettuate le ricostruzioni di Casagrande per la determinazione della tensione di preconsolidazione; ne è derivato che i terreni risultano generalmente sovra-consolidati, con OCR decrescente con la profondità (Figura 9.40), a conferma di quanto già osservato in precedenza.

Complessivamente il valore OCR viene assunto pari a 1.5.

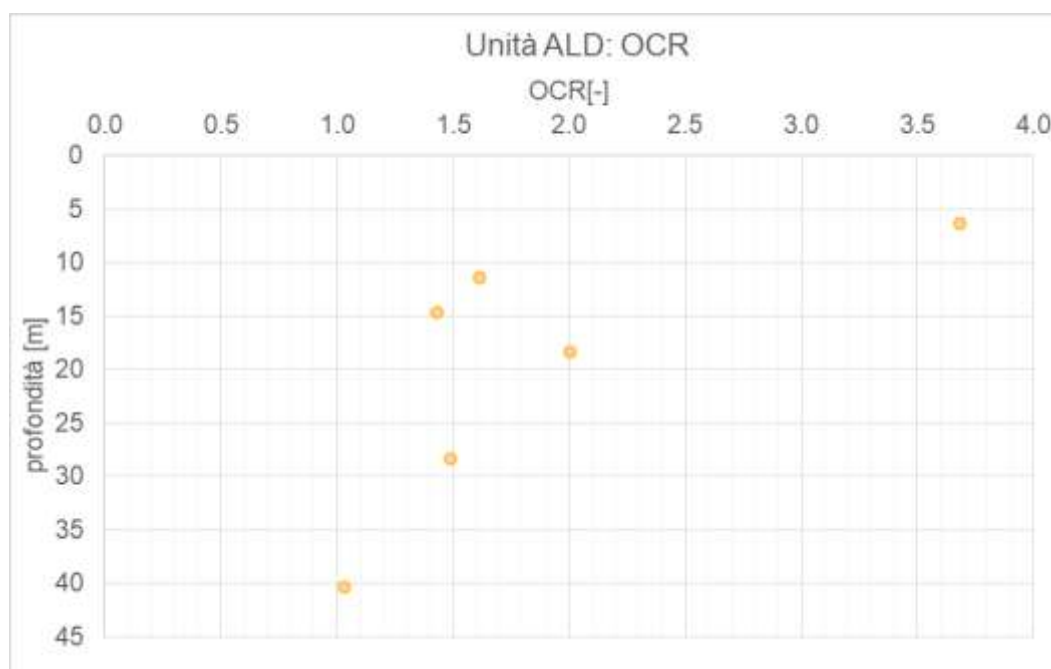


Figura 9.40: Valori di OCR con la profondità per l'unità ALD

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

I coefficienti di compressione C_c calcolati sono stati posti a confronto, nella Figura 9.41, con tipici intervalli di variazione indicati dalla letteratura (vedi Lancellotta, 2009), in dipendenza dall'indice dei vuoti iniziale e_0 ; ne deriva una più che soddisfacente coerenza.

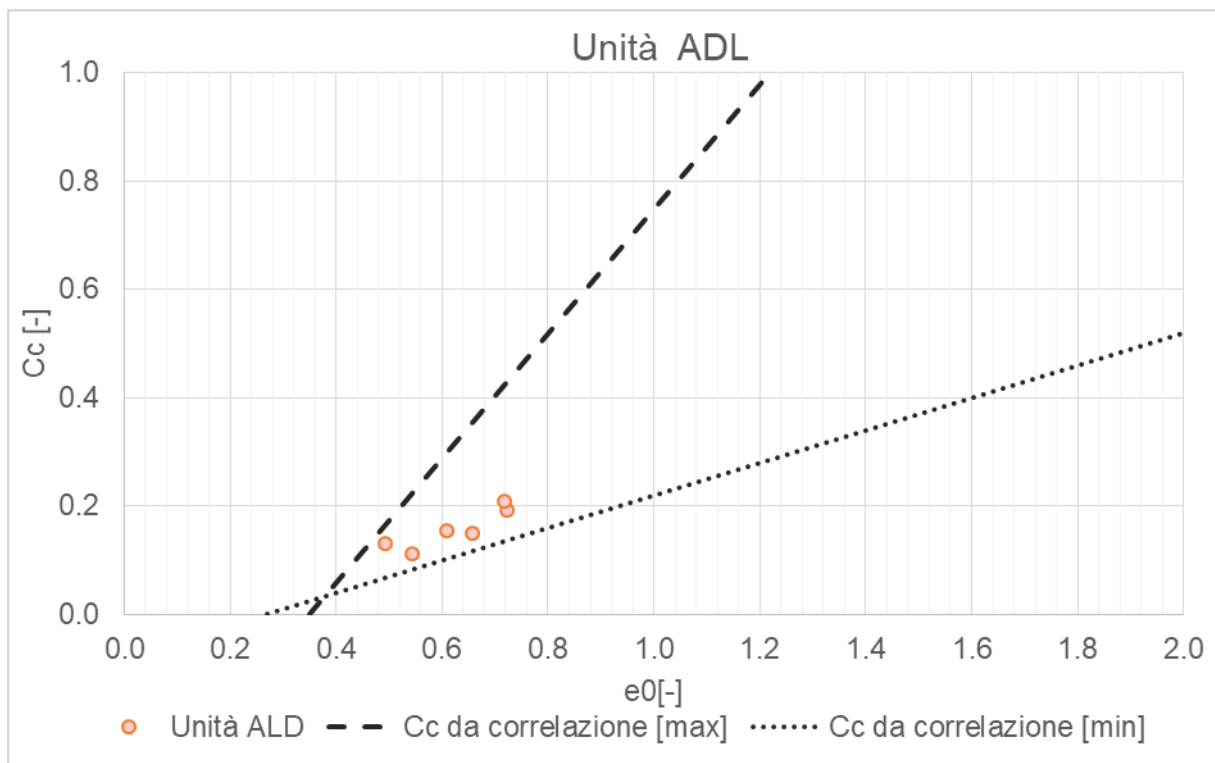


Figura 9.41: Valori di C_c calcolati per le diverse unità e confronto con indicazioni di letteratura (Lancellotta, 2009)

Dalle prove edometriche sono stati anche ricavati i coefficienti di consolidazione secondaria, come già riportato nello specifico paragrafo.

Partendo dalle prove edometriche disponibili è stato ricavato il coefficiente di consolidazione come rapporto tra la variazione di deformazione tra due istanti di tempo t_1 e t_2 e la variazione logaritmica di tali tempi, prendendo a riferimento la porzione terminale dei diagrammi “deformazione-tempo”, cioè la pendenza dell’asintoto inclinato nel piano semilogaritmico $\varepsilon - \log t$. Il coefficiente è stimato dunque come

$$C_{\alpha\varepsilon} = \Delta\varepsilon / \Delta \log t$$

ottenendone l’andamento riportato nel grafico di Figura 9.42, in relazione dalla pressione di prova.

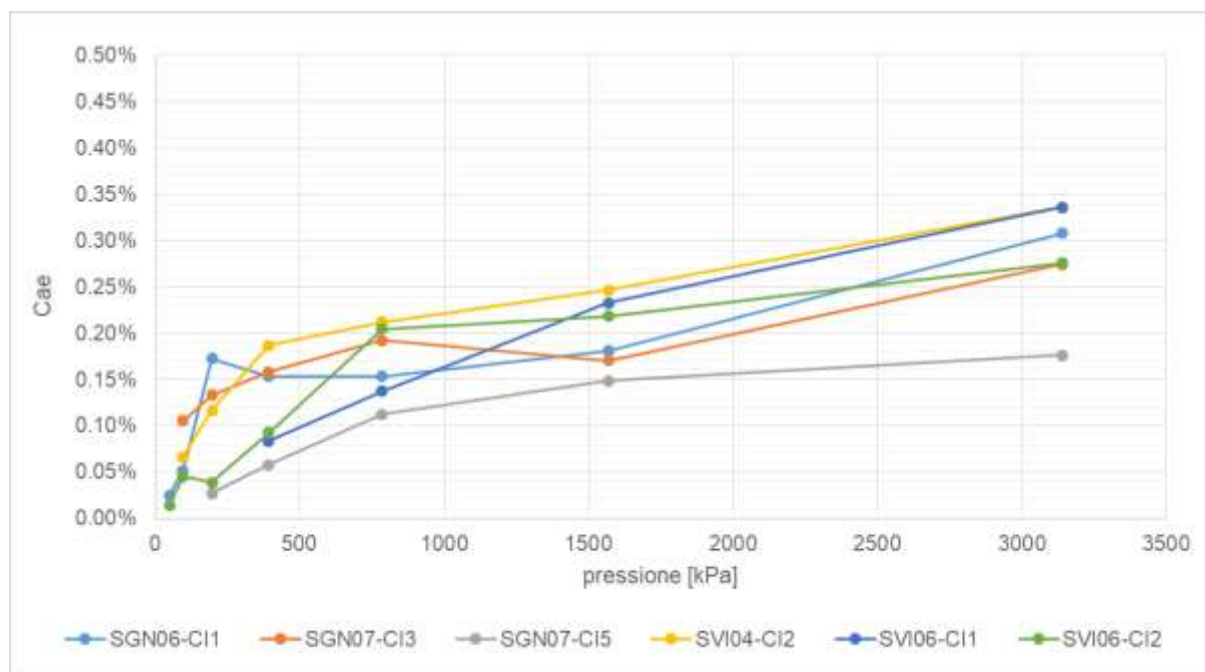


Figura 9.42: Andamento di $C\alpha\epsilon$ in relazione alla pressione di prova per i diversi campioni

Nella tabella seguente sono riportati tutti i valori ottenuti.

Pressione (kPa)	Campioni da prove edometriche					
	SGN06-CI1	SGN07-CI3	SGN07-CI5	SVI04-CI2	SVI06-CI1	SVI06-CI2
24.52						
49.04	0.025%					0.014%
96.07	0.051%	0.105%		0.066%		0.045%
196.14	0.172%	0.133%	0.027%	0.116%	0.083%	0.038%
392.28	0.153%	0.158%	0.058%	0.187%	0.137%	0.093%
784.56	0.153%	0.192%	0.112%	0.212%	0.233%	0.204%
1569.12	0.181%	0.171%	0.149%	0.247%	0.336%	0.218%
3138.24	0.308%	0.274%	0.176%	0.336%	0.460%	0.276%

Tabella 9.12: : Riepilogo valori $C\alpha\epsilon$ ottenuti dalle prove edometriche

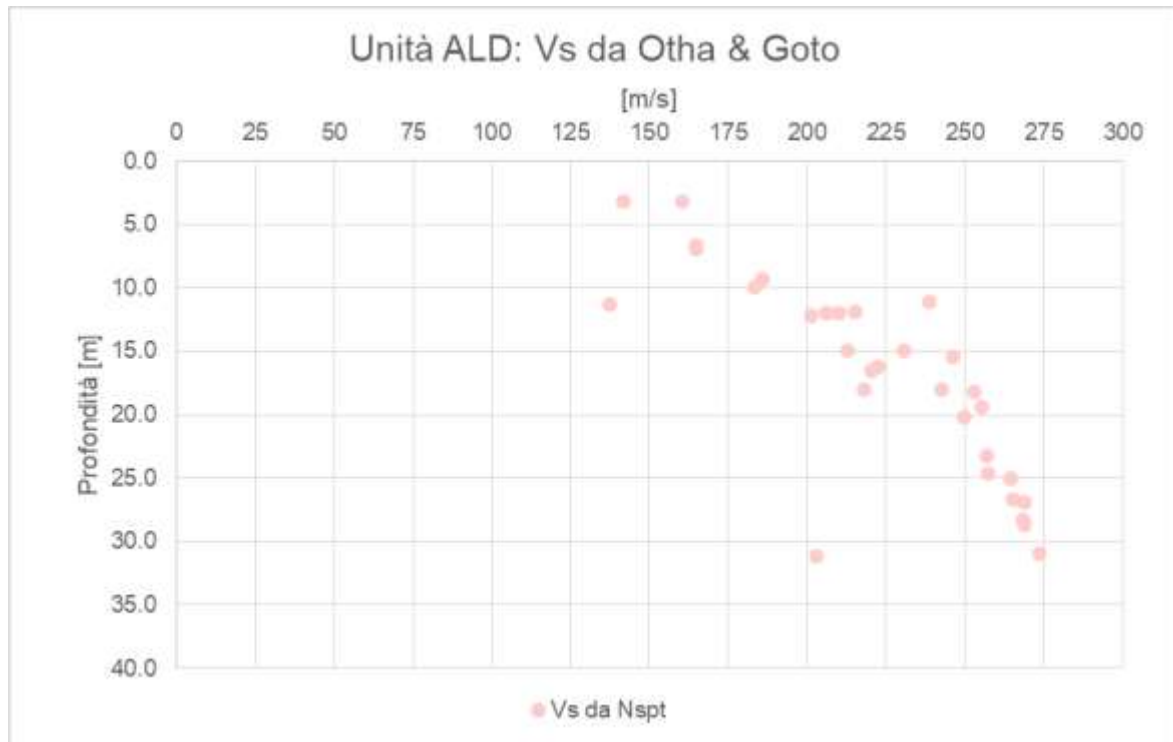
Campioni da prove edometriche							
Pressione (kPa)	SGN06-CI1	SGN07-CI3	SGN07-CI5	SVI04-CI2	SVI06-CI1	SVI06-CI2	$C_{\alpha\varepsilon}$
Media 25-100	0.038%	0.105%		0.066%		0.030%	0.060%
Media 50-200	0.083%	0.119%	0.027%	0.091%	0.083%	0.033%	0.073%
Media 100-400	0.126%	0.132%	0.042%	0.123%	0.110%	0.059%	0.099%
Media 100-800	0.133%	0.147%	0.066%	0.145%	0.151%	0.095%	0.123%

Tabella 9.13: Riepilogo valori $C_{\alpha\varepsilon}$ medi

Il valore di $C_{\alpha\varepsilon}$ operativo è stato quindi calcolato come media dei risultati ottenuti dai vari campioni. In corrispondenza delle pressioni di interesse, cioè per valori di 100-400 kPa (sono previsti rilevati $h_{max}=8m$ in superficie, i quali inducono una variazione dello stato tensionale inferiore $\Delta=100$ kPa). Ne risulta $C_{\alpha\varepsilon}=0.042-0.126\%$, con valor medio pari a 0.099%

9.4.3.2 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

In Figura 9.43 sono rappresentati i valori di V_s e E_0 ottenuti dalla correlazione di Ohta & Goto (paragrafo 8.2.3.2): il modulo di Poisson adottato è 0.3, α è stato assunto 1.303 (Pleistocene) mentre β assunto pari a 1.0 (argille). Da questi grafici si può apprezzare un marcato andamento crescente dei parametri V_s e E_0 con la profondità, con valori di $E_0/10$ compresi tra 10 e 40 MPa per profondità comprese tra 5 e 35m.



In Figura 9.44 sono rappresentati i valori ottenuti dalle prove pressiometriche di Menard, DH e MASW realizzate nella campagna 2021. La maggior parte dei risultati si concentra tra valori compresi tra 50 e 250 MPa.

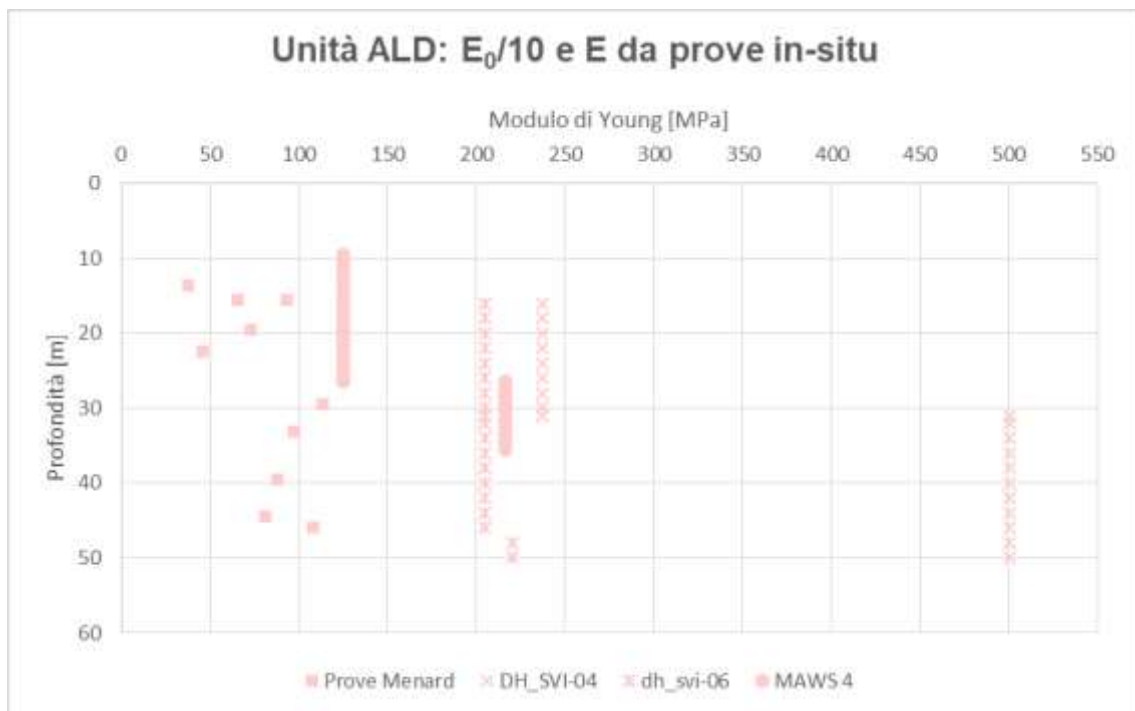


Figura 9.44: Modulo di Young da prove in-situ

In Figura 9.45 sono rappresentati i risultati delle prove DH 2017: sono indicati i valori delle velocità V_s medie per ogni sismostrato appartenente all'unità ALD, e i corrispondenti valori di modulo elastico operativo: i valori risultano compresi tra 90 e 300 MPa.

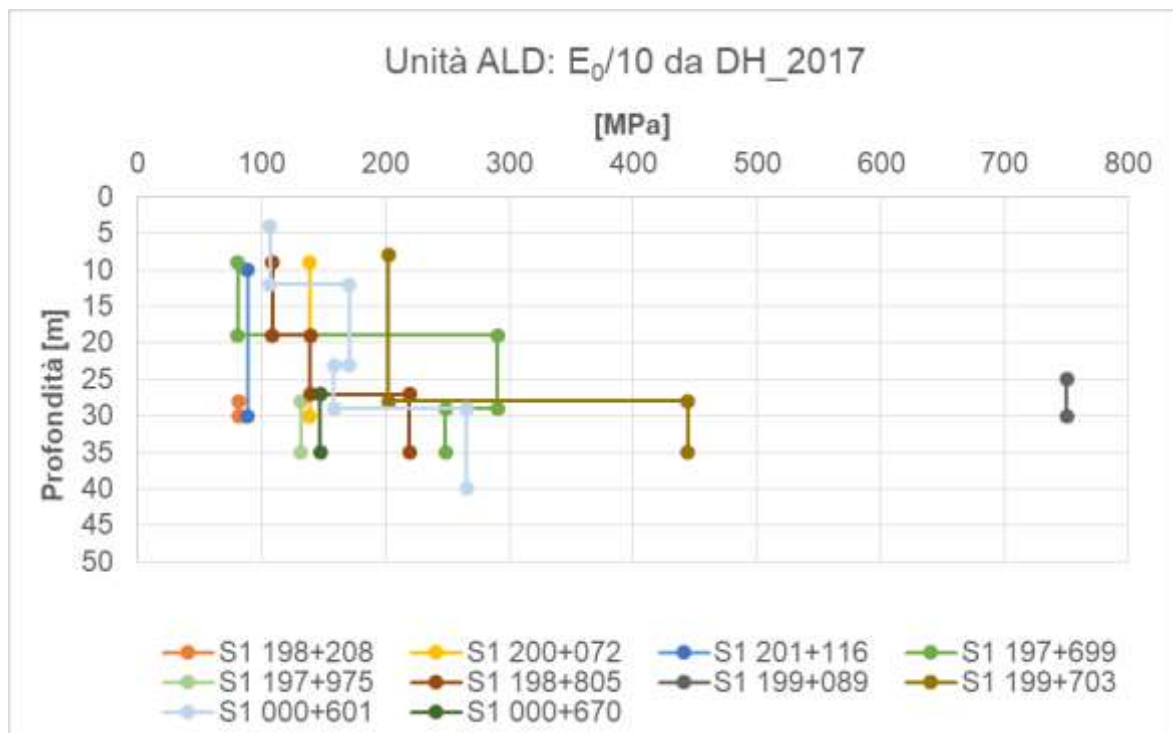
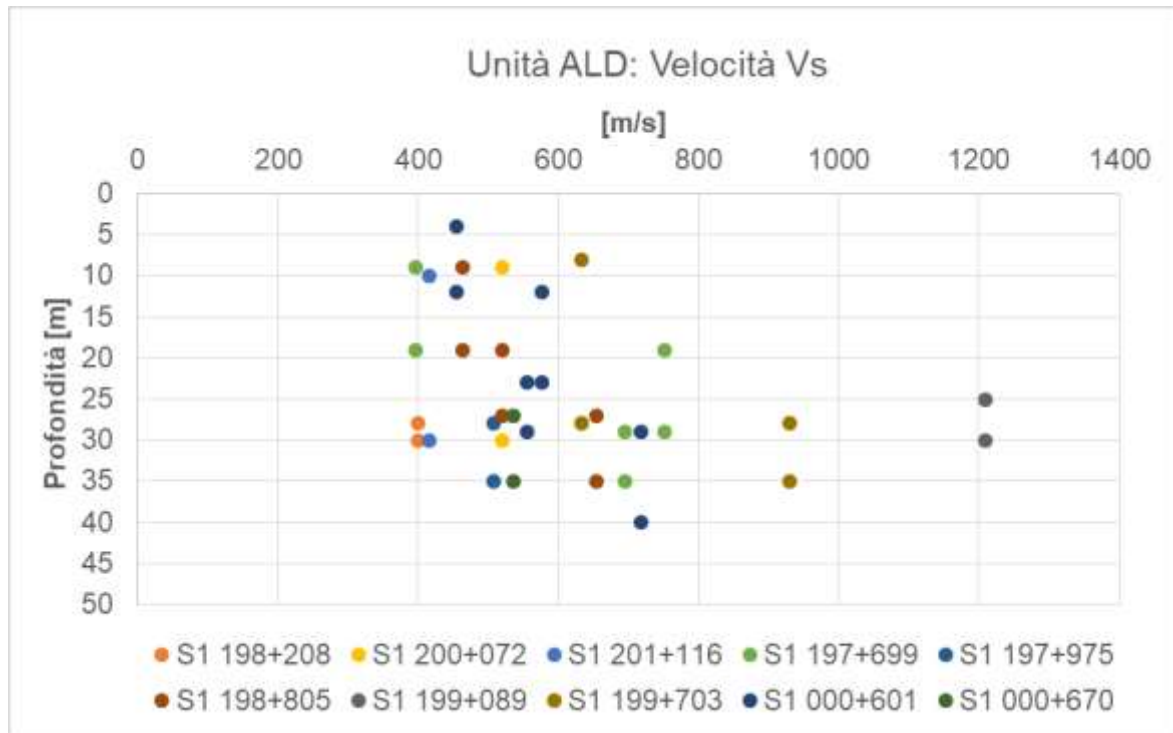


Figura 9.45: Vs e modulo $E_0/10$ da prove DH_2017 unità ALD



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	122 di 156

9.4.3.3 Riepilogo Modulo elastico operativo

Nella tabella seguente vengono riepilogati i range dei valori di modulo elastico e modulo elastico operativo per le diverse prove precedentemente discussi.

	$E_0/10$ Vs (Ohta)	E Menard	$E_0/10$ MAWS	$E_0/10$ DH_2021	$E_0/10$ DH_2017
Unità ALD [MPa]	10-40	40-110	125-215	200-250	90-300

Tabella 9.14: Sommario dei parametri di rigidità ottenuti dalle varie prove

In genere, è individuabile una correlazione con la profondità.

9.4.4 Permeabilità

Nell'ambito della campagna d'indagine sono state eseguite 9 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile. In Figura 9.15 sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove e riferibili alle varie unità indagate.

Complessivamente viene assunta una permeabilità per l'unità in questione pari a $5.0E-08$ m/s.

sondaggio	Prof. (m)	k (m/s)
SGN-07	11.5	9.70E-08
SGN-07	23.45	3.19E-08
SVI-06	12.85	3.50E-07
SVI-06	19.75	1.97E-08
SVI-06	37.275	4.56E-09
SVI-07	22.5	5.16E-08
SVI-07	32.5	2.64E-07
SVI-04	20.35	3.32E-08
SVI-04	36.375	4.26E-08

Tabella 9.15: Riepilogo dei risultati delle prove Lefranc disponibili

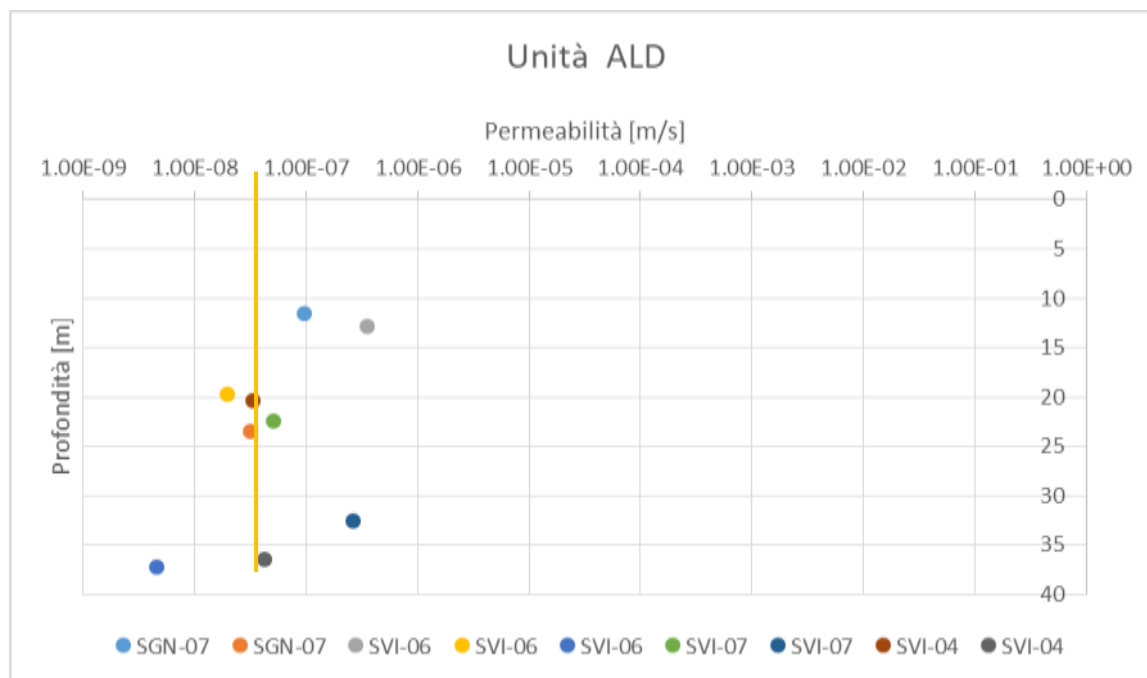


Figura 9.46: Permeabilità da prove Lefranc

10 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI E DEI LIVELLI DI FALDA

Nel seguito in Tabella 10.1 si riporta una sintesi dei valori caratteristici delle unità precedentemente analizzate.

Si osserva che, sebbene si reputi che il grado di approfondimento della caratterizzazione geotecnica operata sia coerente con quanto richiesto per il livello di progettazione in atto, si ritiene opportuno evidenziare che nelle successive fasi della progettazione dovranno essere approfonditi sia l'assetto geologico strutturale e stratigrafico nelle aree di intervento, sia il comportamento meccanico delle unità geotecniche individuate.

UNITÀ					
	DA	ATS	DM	ALD	
γ [kn/m ³]	19.5	20	20.0	20.5	
$e[-]$	0.6	0.6	0.6	0.5	
I_p [%]	na	20	na	30	
IC [%]	na	1.1	na	1.5	
ϕ [°]	30 ÷ 35	25.0÷27	30-38	22 ÷ 26	
c' [kPa]	0 ÷ 10	20 ÷ 25	0 ÷ 5	10 ÷ 40	
c_u [kPa]	na	100-220	na	200-300	
E_{young} [MPa]	z<10: 20 10<z<30: 35	z<15: 15 15<z<45: 25	z<10: 30 z>10: 45	z<10: 20 10<z<25: 40 z>25: 60	
K [m/s]	1.0E-06	5.0E-08	2.0E-6	5.0E-08	
OCR	na	1.5	na	1.5	
C_c	na	0.216	na	0.158	
C_s	na	0.076	na	0.052	
C_{ae}	na	Vedi Tabella 9.6	na	Vedi Tabella 9.13	

Tabella 10.1: Riepilogo parametri geotecnici delle varie unità

In merito ai livelli di falda assunti in progetto, si rimanda all'andamento indicato nel profilo geotecnico, Doc.Rif. [32] [33].

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

11 Verifica alla liquefazione

11.1 GENERALITÀ

Le NTC 2018, al par. 7.11.3.4.1 stabiliscono che:

“Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.”

Allo scopo di accertare la stabilità del sito di progetto rispetto alla liquefazione, è stata condotta una valutazione di suscettibilità in base ai dati a disposizione e tenendo in conto delle condizioni che permettono escludere il fenomeno senza dover effettuare ulteriori analisi (si veda paragrafo 11.2).

Si ricorda come, a causa della breve durata del moto sismico, il terreno reagisca in condizioni sostanzialmente non drenate. In tali condizioni, il comportamento non lineare dei materiali sabbiosi e sabbioso/limosi saturi, sottoposti a carichi ciclici indotti dal terremoto, porta alla generazione di sovrappressioni interstiziali con diminuzione anche significativa di resistenza e rigidità apparente. Alla successiva dissipazione di tali sovrappressioni, corrisponde una riduzione di volume con la generazione di deformazioni permanenti in grado di causare, nello specifico, problematiche di esercizio post-sisma, stabilità dei rilevati, delle opere di sostegno e di attraversamento.

Il fenomeno della liquefazione è profondamente influenzato dal numero dei cicli del moto sismico del suolo, dalla densità relativa D_r e dalla granulometria del terreno. Un terreno a grana grossa, a parità di altri fattori, è maggiormente esposto al pericolo della liquefazione quanto minore è la sua densità relativa. Il potenziale di liquefazione aumenta poi, ovviamente, al crescere del numero di cicli, ossia del valore di magnitudo sismica di riferimento.

Il problema principale che si pone in fase di progettazione è valutare la stabilità del sito di progetto rispetto alla liquefazione quando il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sottofalda, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

11.2 CONDIZIONI DI ESCLUSIONE DA VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti una delle seguenti circostanze:

- Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero (cfr. a_{max}) minori di 0.1 g;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche SPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche CPT, normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve rappresentate in Figura 11.1 (coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$) e Figura 11.2 (coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$).

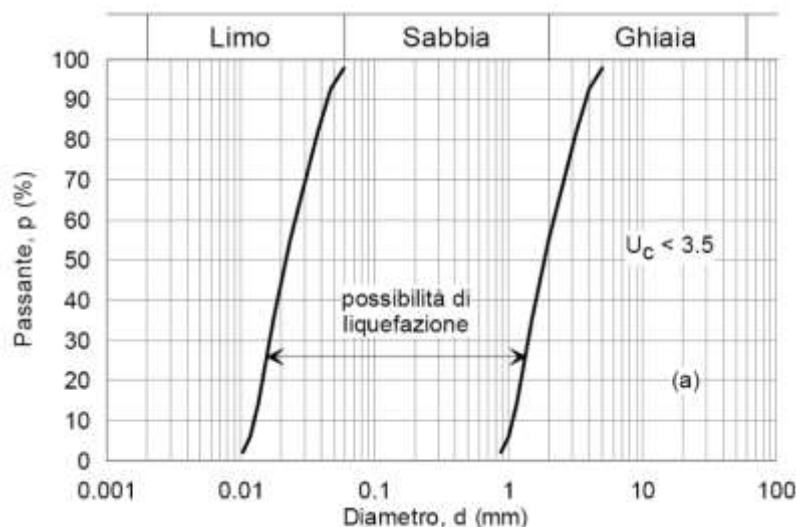


Figura 11.1: Dominio di suscettibilità alla liquefazione dei terreni ($U_c < 3.5$)

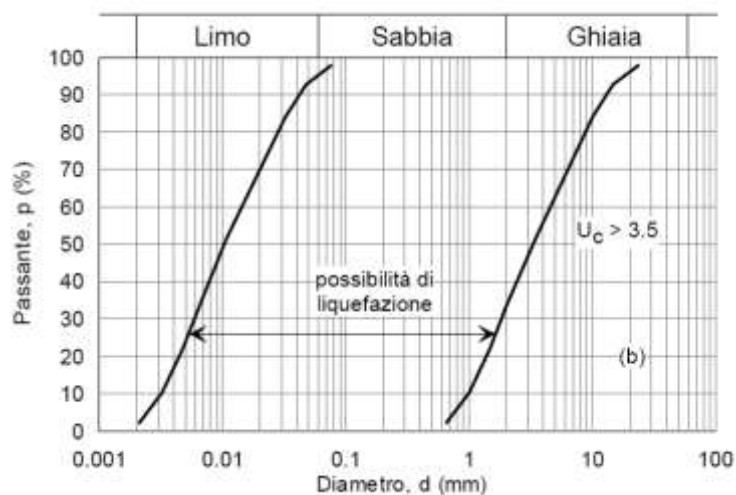


Figura 11.2: Dominio di suscettibilità alla liquefazione dei terreni ($U_c > 3.5$).

11.2.1 Applicazione delle condizioni

Di seguito si analizzano le unità identificate lungo il tracciato al fine di stabilire se è necessario valutarne la potenzialità del rischio di liquefazione.

Per le unità **DA** e **DM**, costituiti da materiale con comportamento granulare, si è proceduto a stimare la resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60}$ in funzione al valore N_{spt} registrato in situ.

Per le unità di natura coesiva (**ATS** e **ALD**) è stato operato uno *screening* basato sugli abachi di Bray & Sancio (2006), Doc.Rif. [23]. Come si osserva dalla figura seguente, risultano suscettibili di liquefazione i terreni aventi Indice Plastico (IP) inferiore a 12 e rapporto Wc/LL superiore a 0,8, mentre i terreni con IP superiore a 18 e rapporto Wc/LL inferiore a 0,8 non sono da considerarsi liquefacibili.

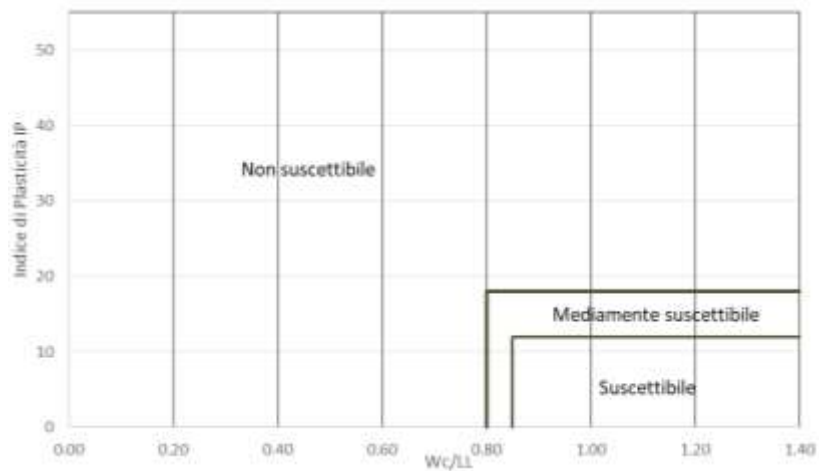


Figura 11.3: Carta di suscettibilità secondo il criterio di Bray & Sancio (2006)

11.3 METODOLOGIA DI ANALISI

La suscettibilità dei terreni nei confronti della liquefazione è stata valutata alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili, mediante un'analisi pseudo-statica in condizioni di free-field, in corrispondenza di un numero adeguato di verticali significative.

La suscettibilità alla liquefazione è stata valutata ricavando il fattore di sicurezza FL nei confronti della liquefazione dato dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione (stato di sforzo critico associato alla condizione di liquefazione) e la sollecitazione indotta dall'azione sismica.

Si definisce il rapporto di resistenza ciclica CRR, ovvero il parametro tensionale normalizzato rispetto alla tensione verticale efficace agente alla profondità esaminata, mentre CSR è il rapporto di tensione ciclica:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di tensione ciclica}$$

$$CRR = \frac{\tau_l}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di resistenza ciclica}$$

Il termine CSR può essere valutato ad una determinata profondità nel sottosuolo attraverso la seguente relazione semplificata di Seed e Idriss (1971):

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max,s}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$$

dove:

- $a_{\max,s}$ è l'accelerazione orizzontale di picco a piano campagna del terremoto atteso;
- g è l'accelerazione di gravità;
- σ_v e σ'_v sono rispettivamente la tensione totale verticale e la tensione efficace verticale alla profondità considerata;
- r_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica che tiene conto della deformabilità del sottosuolo.

Il coefficiente dell'azione sismica r_d si può ricavare, per profondità dal piano campagna non superiori a 20 m, mediante la seguente espressione di Idriss e Boulanger (2004):

$$r_d = \exp \left[\left(-1.012 - 1.126 \sin \left(\frac{z}{11.73} + 5.133 \right) \right) + \left(0.106 + 0.118 \sin \left(\frac{z}{11.28} + 5.142 \right) \right) M \right]$$

dove:

- z è la profondità dal piano campagna;
- M magnitudo di momento dell'evento sismico atteso.

Il rapporto di resistenza ciclica CRR può essere valutato mediante relazioni empiriche che correlano la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT, CPT o indagini sismiche Down-Hole, come meglio descritto nel seguito.

I metodi per la valutazione del rapporto di resistenza ciclica a partire dai risultati di prove in sito sono applicabili nel caso di piano campagna sub-orizzontale e stati tensionali efficaci ridotti. Tuttavia, anche in assenza di tali condizioni, è possibile ottenere una stima approssimata del termine CRR attraverso l'introduzione di opportuni fattori correttivi.

Dato che CRR dipende dal numero di cicli significativi, che a sua volta dipende dalla magnitudo M , è necessario rivalutare CRR per ricondurlo ad un valore costante di M , (nel caso in esame M viene determinato per ciascuna zona di interesse, come definito successivamente), introducendo un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

$$MSF = \frac{CRR_M}{(CRR)_{M=7.5}} = \left(\frac{N_{M=7.5}}{N_M} \right)^b$$



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	130 di 156

dove CRR_M e N_M rappresentano i valori di CRR e numero di cicli equivalenti in condizione di liquefazione per il valore di magnitudo di progetto, mentre $(CRR)_{M=7.5}$ e $N_{M=7.5}$ sono riferiti all'evento con $M=7.5$.

Il valore di MSF si può ricavare dalla relazione di Idriss e Boulanger (2004):

$$\left\{ \begin{array}{l} MSF = 6.9 \exp\left(\frac{-M}{4}\right) - 0.058 \\ MSF \leq 1.8 \end{array} \right.$$

Per l'interpretazione dai dati di V_s , la bibliografia suggerisce di utilizzare la seguente correlazione di Andrus e Stock, 1997:

$$MSF = (M/7.5)^{-2.56}$$

11.3.1 Analisi basate su prove SPT

Avendo a disposizione i risultati delle prove SPT, si è proceduto nel seguente modo:

1. il numero di colpi N_{SPT} è stato ricondotto ad un valore normalizzato e corretto $(N_1)_{60}$ mediante la seguente relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

2. il coefficiente C_N , che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace, è stato ricavato con la seguente relazione:

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.5}$$

dove p_a è la pressione atmosferica (100 kPa). Tale coefficiente non deve comunque superare il valore di 1.7

3. il fattore C_E è un fattore correttivo che va a considerare il rendimento energetico dell'attrezzatura e riconduce le misure ad un rendimento energetico del 60 % e può essere valutato nel modo seguente:

$$C_E = \frac{ER_m}{60}$$

in cui ER_m è il fattore di rendimento (espresso in %) del trasferimento dell'energia del maglio all'attrezzo campionatore, relativo alla macchina utilizzata per fare la prova; considerando che la configurazione di prova normalmente adoperata in Italia ha un rendimento energetico del 60 %, tale coefficiente è stato posto pari ad 1.

4. i coefficienti C_B (fattore correttivo per le dimensioni del foro di sondaggio), C_R (fattore correttivo per la lunghezza delle aste della macchina esecutrice) e C_S (fattore correttivo per il tipo di attrezzo campionatore) sono stati assunti pari ad 1 dato che le prove sono state eseguite sulla base delle raccomandazioni fornite dall'AGI (1977).
5. il valore della resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60}$ è stato riportato ad un valore equivalente per le sabbie pulite attraverso la relazione di Idriss e Boulanger (2004):

$$(N_1)_{60_{CS}} = (N_1)_{60} + \exp \left(1.63 + \frac{9.7}{FC} - \left(\frac{15.7}{FC} \right)^2 \right)$$

dove FC è la frazione di fine espressa in percentuale.

Il contenuto di materiali fini (FC) è stato assunto dalle analisi granulometriche eseguite sul campione prelevato in corrispondenza della quota SPT o comunque entro lo strato analizzato;

6. dal valore di $(N_1)_{60CS}$ può essere ricavato il valore di resistenza alla liquefazione CRR mediante l'impiego di abachi di letteratura ottenuti dall'osservazione di casi storici, in cui sono rappresentate le curve limite che separano le zone di possibile liquefazione da quelle di non liquefazione. Tali curve possono essere ottenute tramite la seguente relazione in funzione della frazione fine FC:

$$CRR = \exp \left[\frac{(N_1)_{60CS}}{14.1} + \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{126} \right)^2 - \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{23.6} \right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{25.4} \right)^4 - 2.8 \right]$$

Quindi, utilizzando l'espressione sopra riportata, è stato ricavato il valore di CRR.

7. La sicurezza nei confronti della liquefazione è stata valutata, alla profondità considerata, mediante il coefficiente di sicurezza FL.

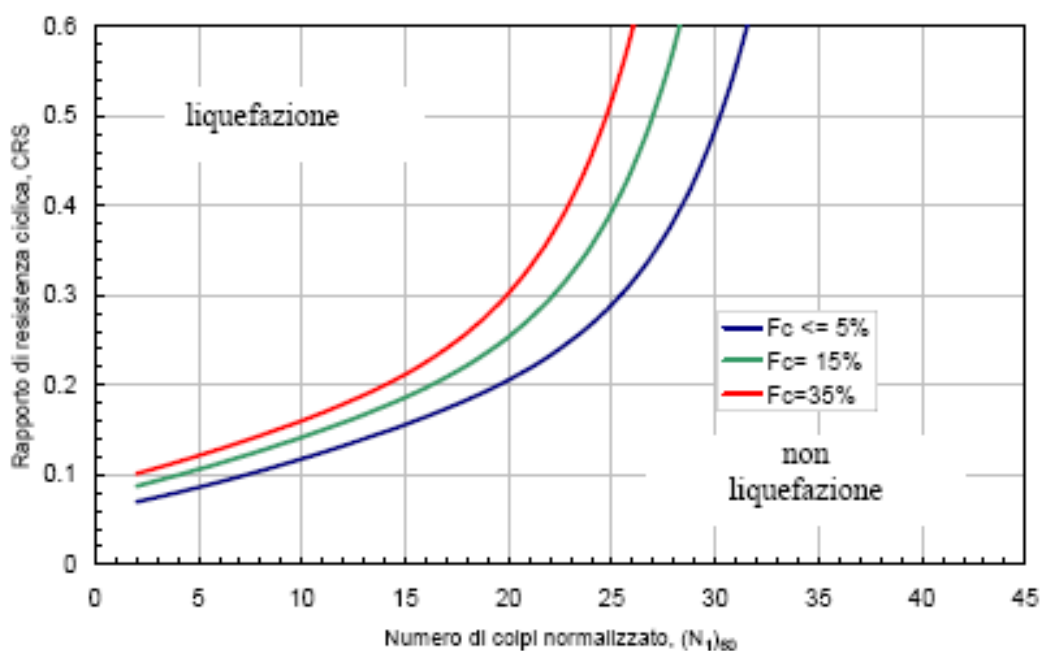


Figura 11.4 - Curve per il calcolo del rapporto di resistenza ciclica CRR dai risultati di prove SPT

11.4 UNITÀ COESIVE ATS E ALD

Le unità coesive **ATS** e **ALD** sono state escluse dalla verifica a liquefazione per i seguenti motivi:

- ✓ Contenuto fine elevato;
- ✓ Curve granulometriche al limite del fuso indicato dalle NC2018;
- ✓ Inoltre, seguendo il criterio di Bray & Sancio globalmente si può escludere il rischio di Liquefazione.

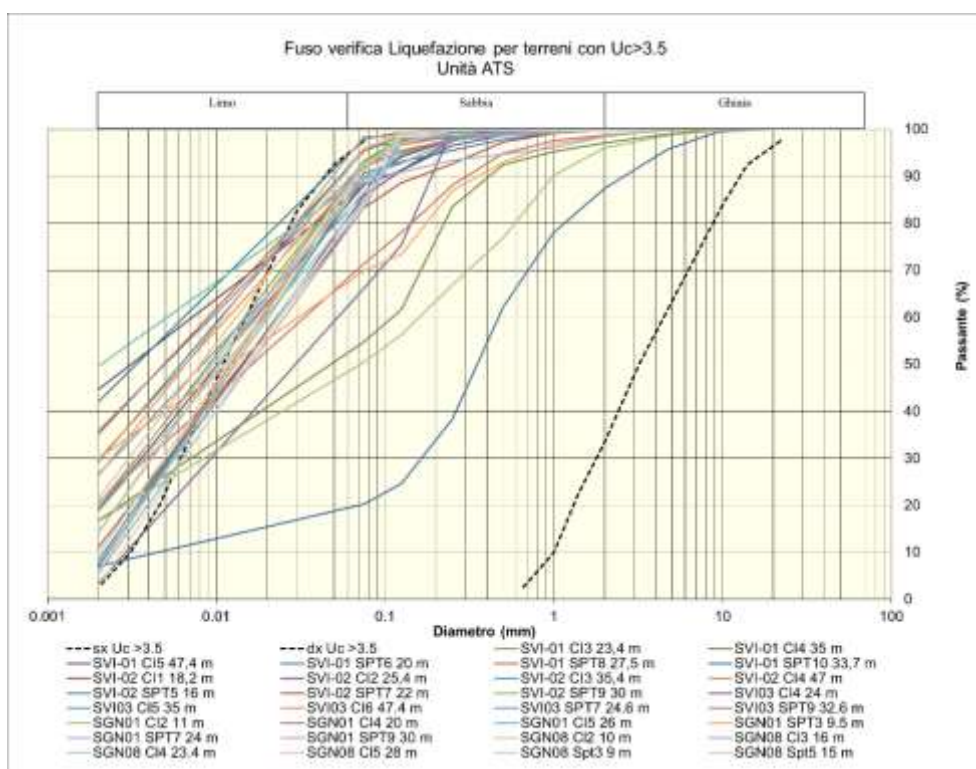


Figura 11.5: Distribuzione granulometrica campioni unità ATS

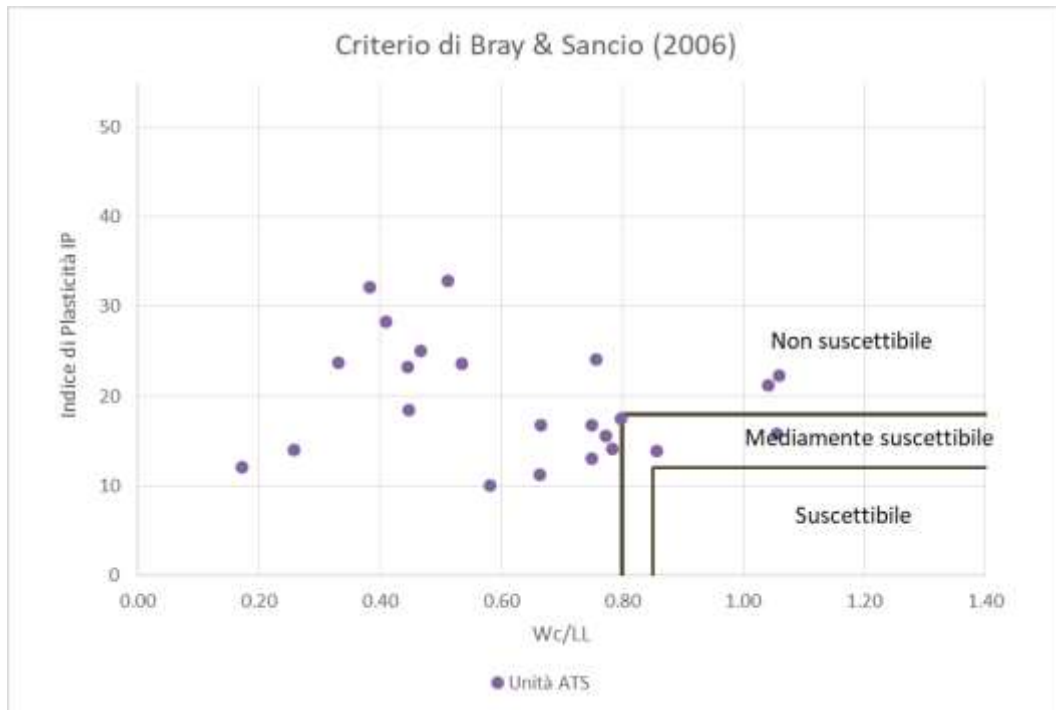


Figura 11.6: Criterio di Bray & Bray per l'unità ATS

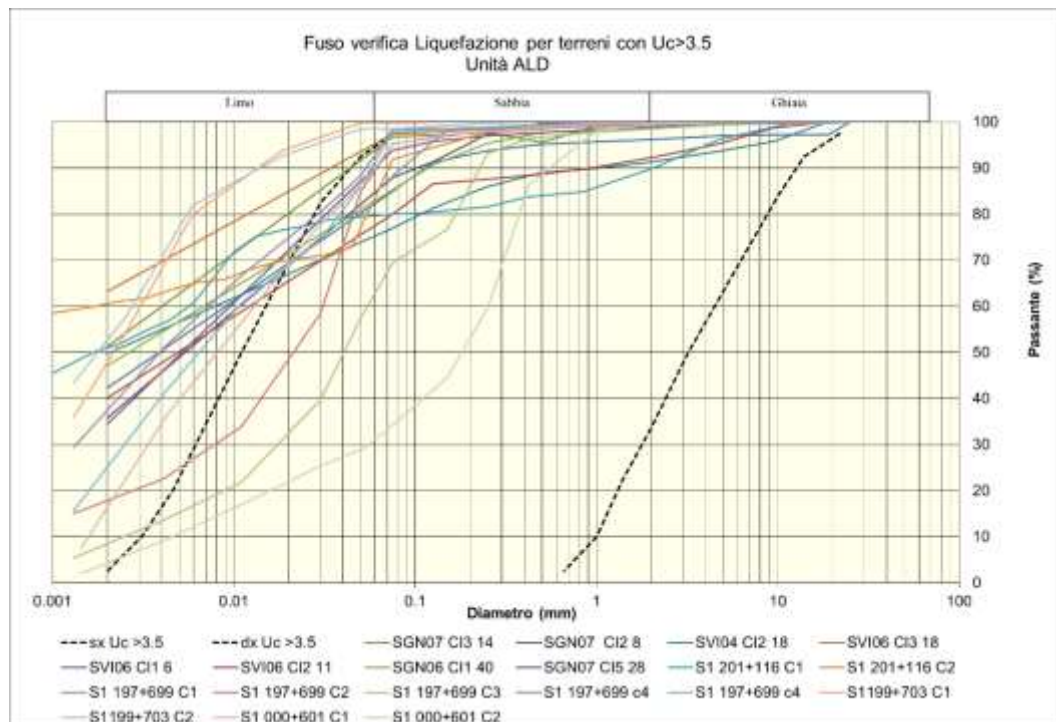


Figura 11.7: Distribuzione granulometrica campioni unità ALD

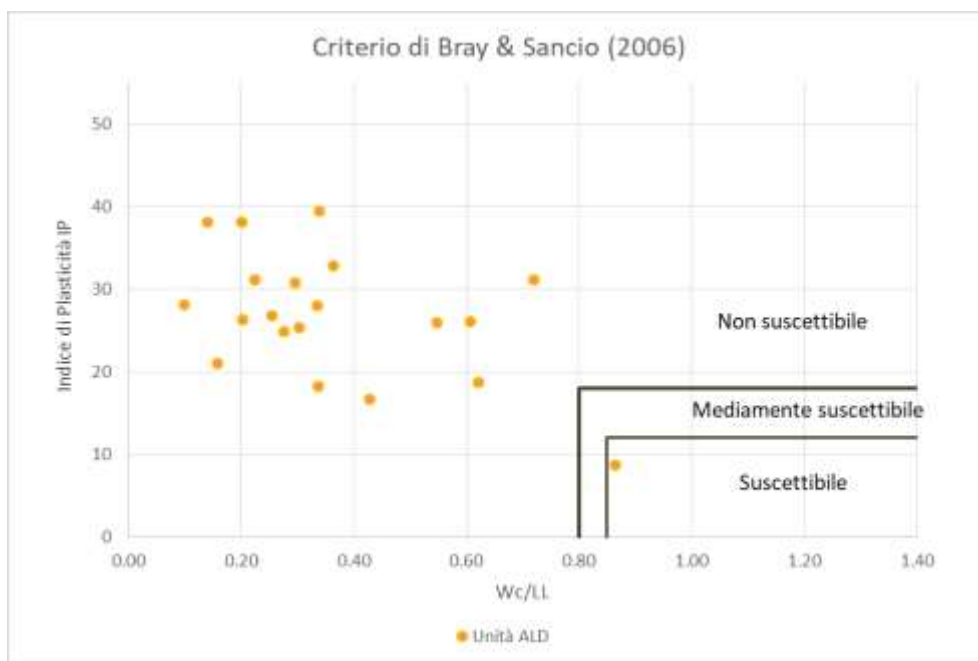


Figura 11.8: Criterio di Bray & Bray per l'unità ALD

11.5 UNITÀ INCOERENTE DA (LATO COSENZA)

Nelle figure seguenti si può vedere la distribuzione in classi di $(N_1)_{60}$, (valore della resistenza determinata in prove SPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa); come si può notare, sia per le prove SPT che per le prove DPSH la maggior parte dei valori (in entrambe le prove > 70%) risulta >30. Nonostante questo, data la presenza di valori anche inferiori a 30, si è deciso di eseguire ugualmente il calcolo del Rischio di Potenziale Liquefazione in base alle prove SPT e DPSH a disposizione.

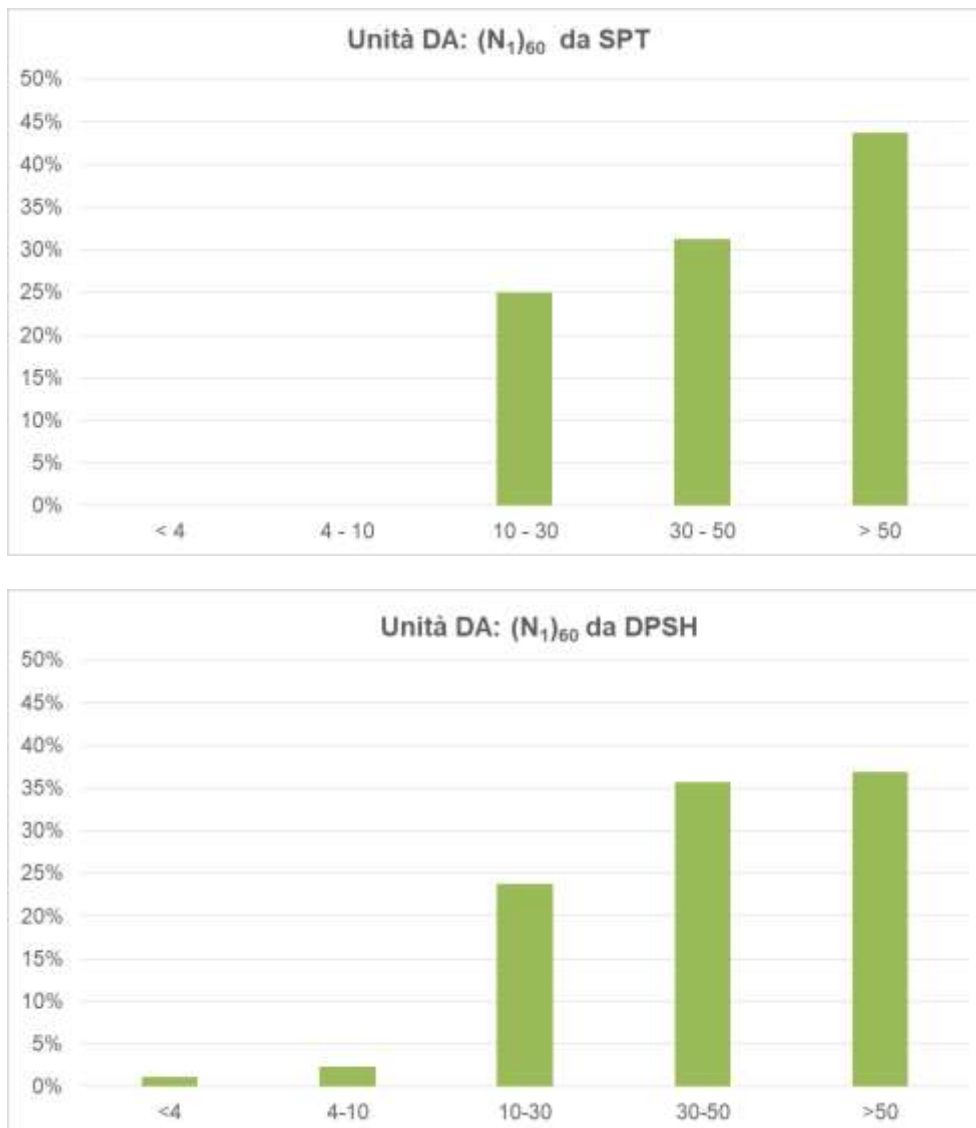


Figura 11.9: Distribuzione $(N_1)_{60}$ nelle prove SPT e DPSH

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

11.5.1 Valutazione della magnitudo

L'analisi di pericolosità è stata effettuata seguendo l'approccio standard di Stucchi et al. (2001) e permette di identificare la coppia magnitudo-distanza rappresentativa della pericolosità sismica locale. La procedura è detta di "disaggregazione" ed è stata in questo caso condotta con l'approccio descritto da Barani et al. (2009).

Attraverso il sito dell' I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), è stato possibile calcolare il terremoto di scenario sulla base della mappa della pericolosità sismica del territorio italiano, considerando la magnitudo maggiore dei 4 valori prossimi al sito in esame (riquadro rosso nella Figura 11.14 seguente). In tal modo è stata determinata l'indicazione della magnitudo, della distanza e della deviazione standard del terremoto di scenario (Epsilon).

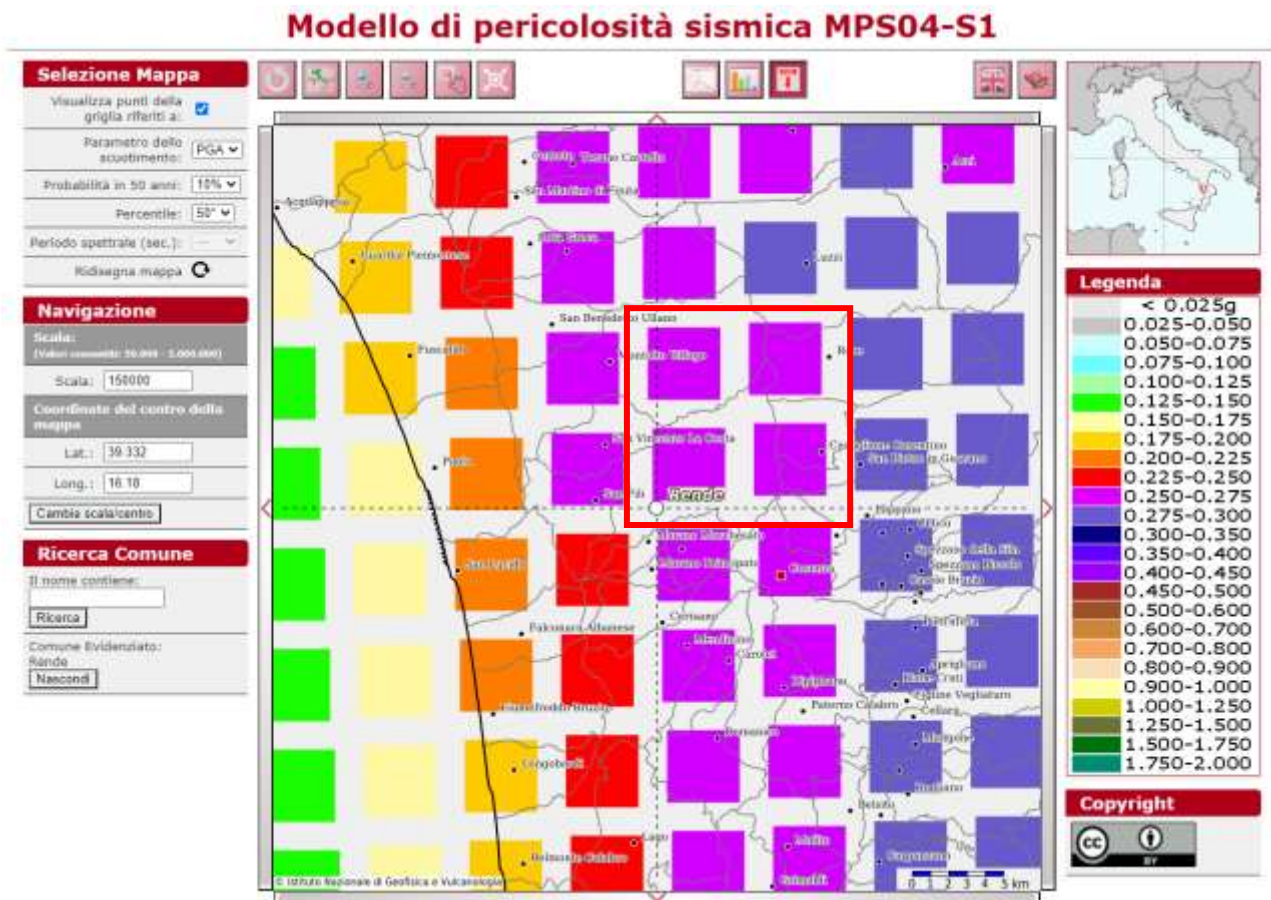


Figura 11.10: Modello pericolosità sismica MPS04-S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

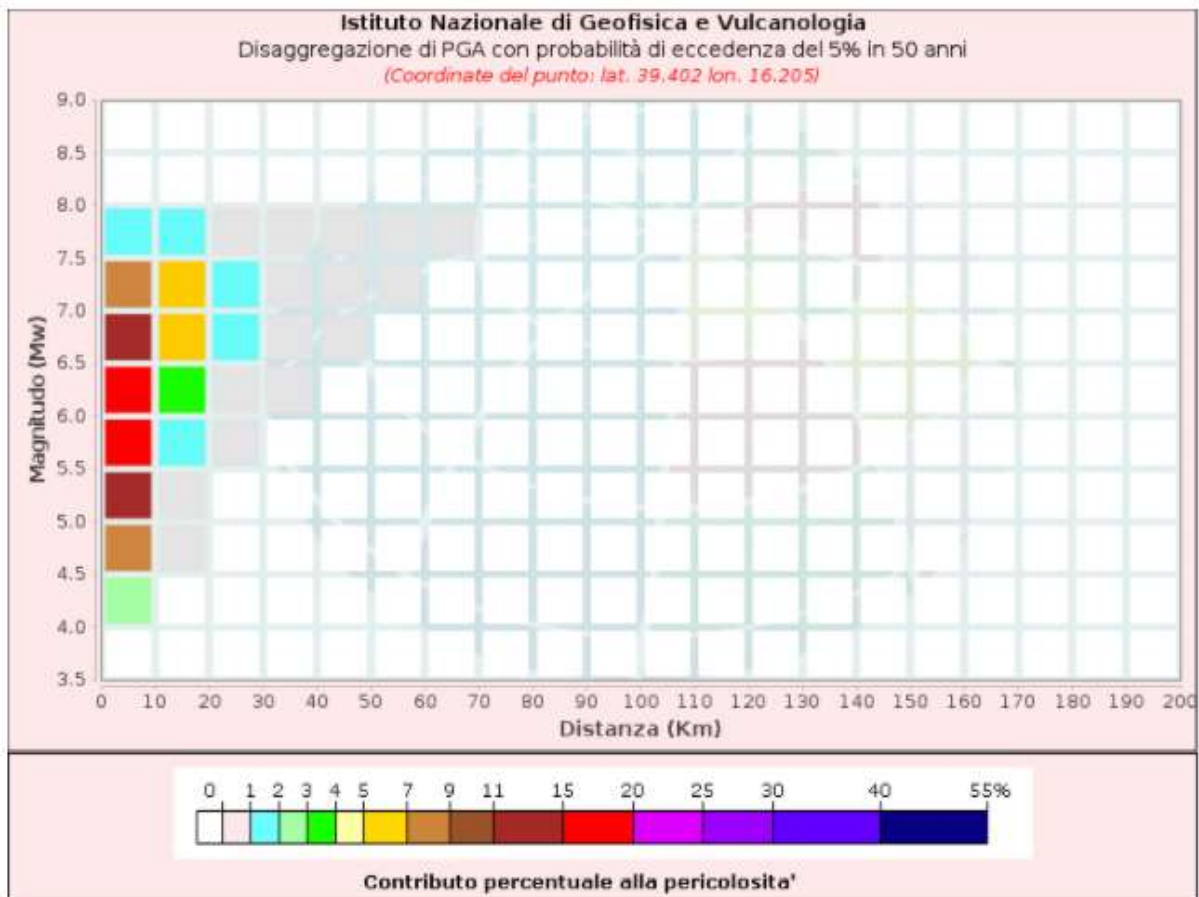


Figura 11.11: Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni per l'unità DA

Dal grafico è possibile trarre le seguenti conclusioni per SLV:

- Eventi sismici aventi magnitudo (MW) compresa tra 4.0 e 7.5, con valori medi poco superiori a 6.0;
- distanze epicentrali (R) degli eventi comprese tra 0.0 e 30.0, con distanza media di 7.40 km alla Magnitudo attesa di 6.18.

	Magnitudo	Distanza	Epsilon
Valori Medi	6.18	7.4	0.987



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	140 di 156

11.5.3 Analisi SPT

Di seguito, nella Tabella 11.1, vengono riportati i risultati dell'analisi a liquefazione per le prove SPT presenti. In giallo sono evidenziati i valori che presentano un IPL (indice di Potenziale Liquefazione) maggiore di zero. In Figura 11.12 viene invece graficato il F.S. di tutti i valori, si fa presente che i valori $FL > 1.5$ sono stati graficati pari a 1.5.

Unita DA	
gamma	19.5

M	amax	MSF
6.18	4.20	1.41

L+A																						
n	z	NSPT	Dz	zfalda		gamma	gamma'	σ	σ'	rd	CSR	Cn	Ce/b/r/s	FC	N60	n60-cs	CRR	FL	F(z)	w(z)	IPL	
SGN-01	3.23	42	1	1.9	SAT	19.5	9.5	63	30.64	0.96	5.37	1.70	1.00	12	71	73	#####	1.50	0.00	8.39	0.00	
SVI-01	3.225	18	1	5.5		19.5	9.5	63	30.64	0.96	5.37	1.70	1.00	92	31	36	1.41	0.37				
SVI-01	6.225	42	1	5.5	SAT	19.5	9.5	121	59.14	0.90	5.03	1.30	1.00	13	55	57	#####	1.50	0.00	6.89	0.00	
SVI-01	9.225	52	1	5.5	SAT	19.5	9.5	180	87.64	0.83	4.64	1.07	1.00	18	56	60	#####	1.50	0.00	5.39	0.00	
SVI-01	12.73	66	1	5.5	SAT	19.5	9.5	248	120.9	0.75	4.18	0.91	1.00	19	60	64	#####	1.50	0.00	3.64	0.00	
SVI-01	15.23	15	1	5.5	SAT	19.5	9.5	297	144.6	0.69	3.86	0.83	1.00	19	12	17	0.17	0.06	0.94	2.39	2.24	
SVI-02	3.225	50	1	5.2		19.5	9.5	63	30.64	0.96	5.37	1.70	1.00	22	85	90	#####	1.50				
SVI-02	5.9	100	1	5.2	SAT	19.5	9.5	115	56.05	0.90	5.07	1.34	1.00	21	100	100	#####	1.50	0.00	7.05	0.00	
SVI-02	8.75	65	1	5.2	SAT	19.5	9.5	171	83.13	0.84	4.71	1.10	1.00	27	71	77	#####	1.50	0.00	5.63	0.00	
SVI-02	11.8	66	1	5.2	SAT	19.5	9.5	230	112.1	0.77	4.30	0.94	1.00	20	62	67	#####	1.50	0.00	4.10	0.00	
SVI-02	16.23	32	1	5.2	SAT	19.5	9.5	316	154.1	0.67	3.74	0.81	1.00	35	26	31	0.58	0.22	0.78	1.89	1.48	
SVI-03	6.05	53	1	3.9	SAT	19.5	9.5	118	57.48	0.90	5.05	1.32	1.00	21	70	75	#####	1.50	0.00	6.98	0.00	
SVI-03	9.05	39	1	3.9	SAT	19.5	9.5	176	85.98	0.83	4.67	1.08	1.00	21	42	47	75.49	1.50	0.00	5.48	0.00	
SVI-03	12.45	50	1	3.9	SAT	19.5	9.5	243	118.3	0.75	4.22	0.92	1.00	34	46	51	1802.93	1.50	0.00	3.78	0.00	
SVI-03	18.05	46	1	3.9	SAT	19.5	9.5	352	171.5	0.63	3.54	0.76	1.00	25	35	40	4.41	1.50	0.00	0.98	0.00	
BH05	4.19	100	1	2.8	SAT	19.5	9.5	82	39.81	0.94	5.27	1.59	1.00	90	100	100	#####	1.50	0.00	7.91	0.00	
BH06	3.23	84	1	5.3		19.5	9.5	63	30.64	0.96	5.37	1.70	1.00	35	100	100	#####	1.50	0.00	8.39	0.00	
BH06	6.73	13	1	5.3	SAT	19.5	9.5	131	63.89	0.89	4.97	1.25	1.00	35	16	22	0.23	0.07	0.93	6.64	6.20	

Tabella 11.1 – Riepilogo analisi liquefazione per le prove SPT eseguite nell'unità DA

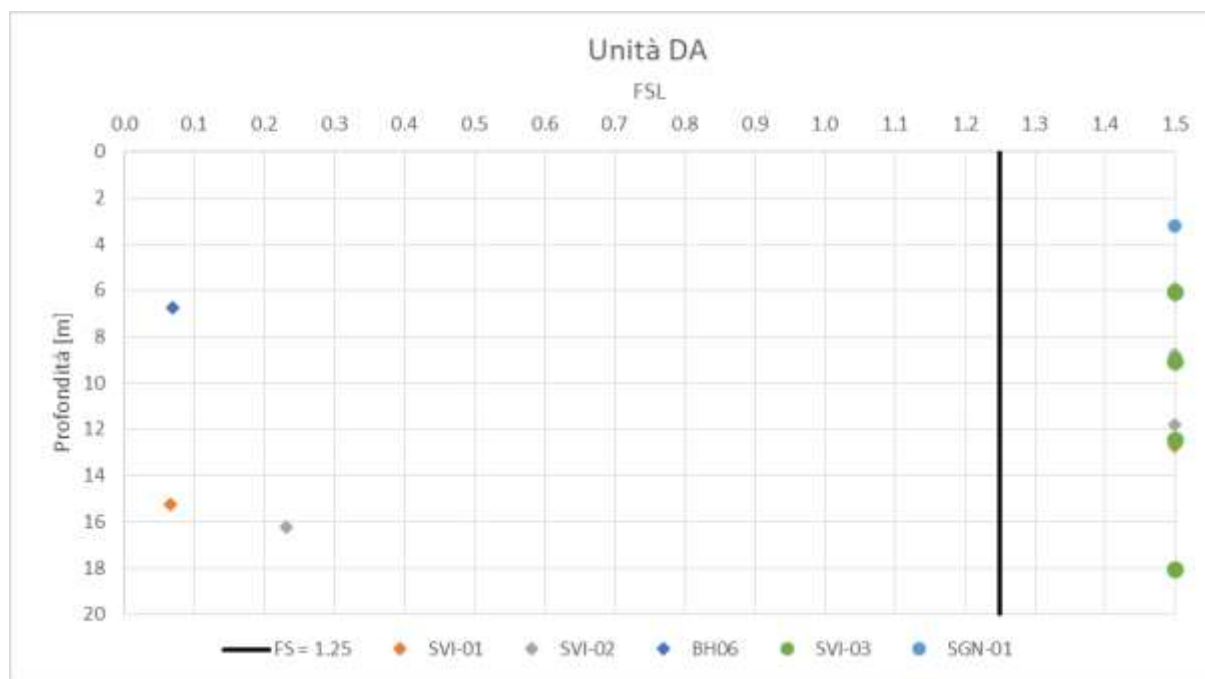


Figura 11.12: Fattore di sicurezza rispetto la liquefazione (unità DA)

Secondo l'analisi basata sui valori ottenuti dalle SPT, risultano 3 prove su 18 (di cui 16 sotto falda) con possibile liquefazione; nel dettaglio, ipotizzando uno spessore equivalente di calcolo pari a 1m, queste tre prove indicano un rischio medio compreso tra 1 e 6.5.

I valori N_{20} ottenuti dalle prove DPSH sono stati corretti in base ai valori N_{spt} presenti nell'unità corrispondente e individuando una correlazione di sito. Nel caso specifico il coefficiente correttivo per l'unità DA è pari a 2.5 (paragrafo 7.3.1)

Le indagini a disposizione sono DPSH_1, DPSH_2, DPSH_3 e DPSH_4.

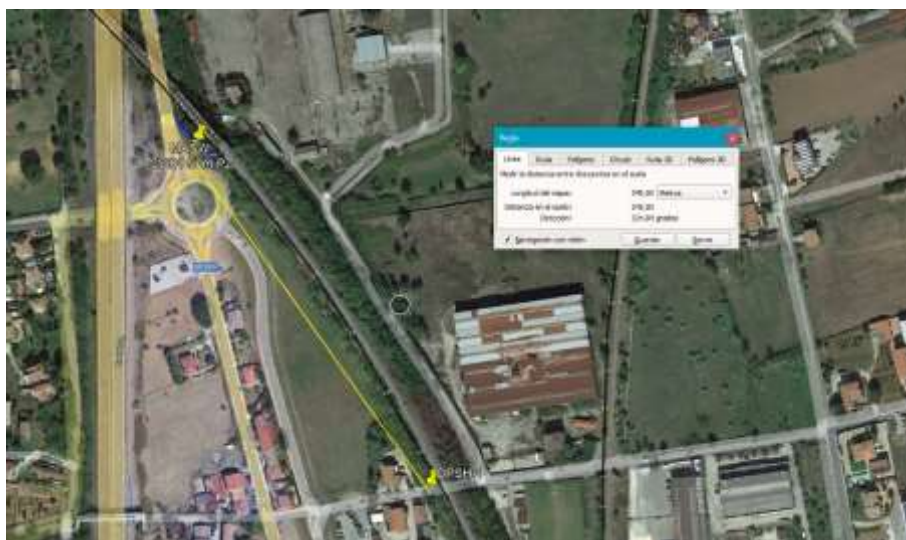
Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi sulle prove DPSH a disposizione, utilizzando i parametri sismici indicati in precedenza.

	L [m]	falda	IP	
DPSH 1	11.0	5.0	12.1	ALTO
DPSH 1	7.60	5.0	0	BASSO NULLO
DPSH 3	15.2	5.0	2.7	BASSO
DPSH 4	14.6	5.5	0	BASSO NULLO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	142 di 156

Dalle analisi risulta che solamente DPSH_1 presenta un Indice di potenziale liquefazione elevato. Si nota che questa prova è stata eseguita ad una distanza di 345 m dal sondaggio più vicino a SVI-01 in cui 4 delle 5 prove SPT presenti (tra 0 e 13m) hanno prodotto come risultato $(N1)_{60} > 30$ ed un solo valore, a 15.23m di profondità, ha dato come risultato un $FS < 1$ e IPL medio.



11.6 UNITÀ INCOERENTE DM (LATO PAOLA)

Nelle figure seguenti si può vedere la distribuzione in classi di $(N_1)_{60}$, (valore della resistenza determinata in prove SPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa). Come si può notare, sia per le prove SPT che per le prove DPSH la maggior parte dei valori (in entrambe le prove > 70%) risulta >30. Nonostante questo si è deciso di eseguire ugualmente il calcolo del Rischio di Potenziale Liquefazione basato sulle prove SPT e DPSH a disposizione.

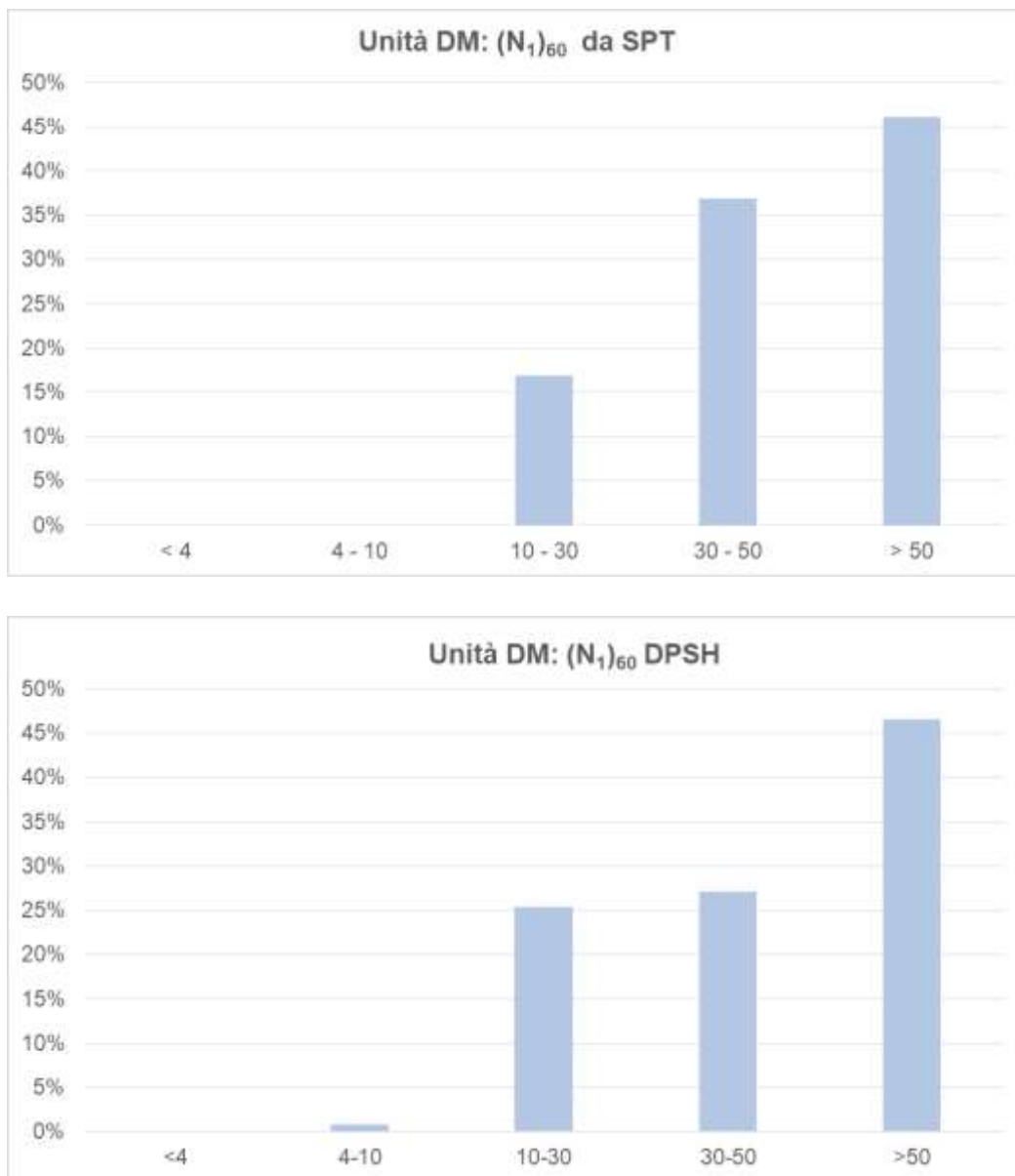


Figura 11.13: Distribuzione dei valori $(N_1)_{60}$ per le prove SPT e DPSH

11.6.1 Valutazione della magnitudo

Si segue la stessa metodologia descritta al paragrafo 11.5.1. In Figura 11.14 si mostra la mappa della pericolosità sismica del territorio italiano e si identifica la magnitudo maggiore dei 4 valori prossimi al sito in esame (riquadro rosso nella figura seguente). In tal modo è stata determinata magnitudo, distanza e deviazione standard del terremoto di scenario.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



Figura 11.14: Modello pericolosità sismica MPS04-S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

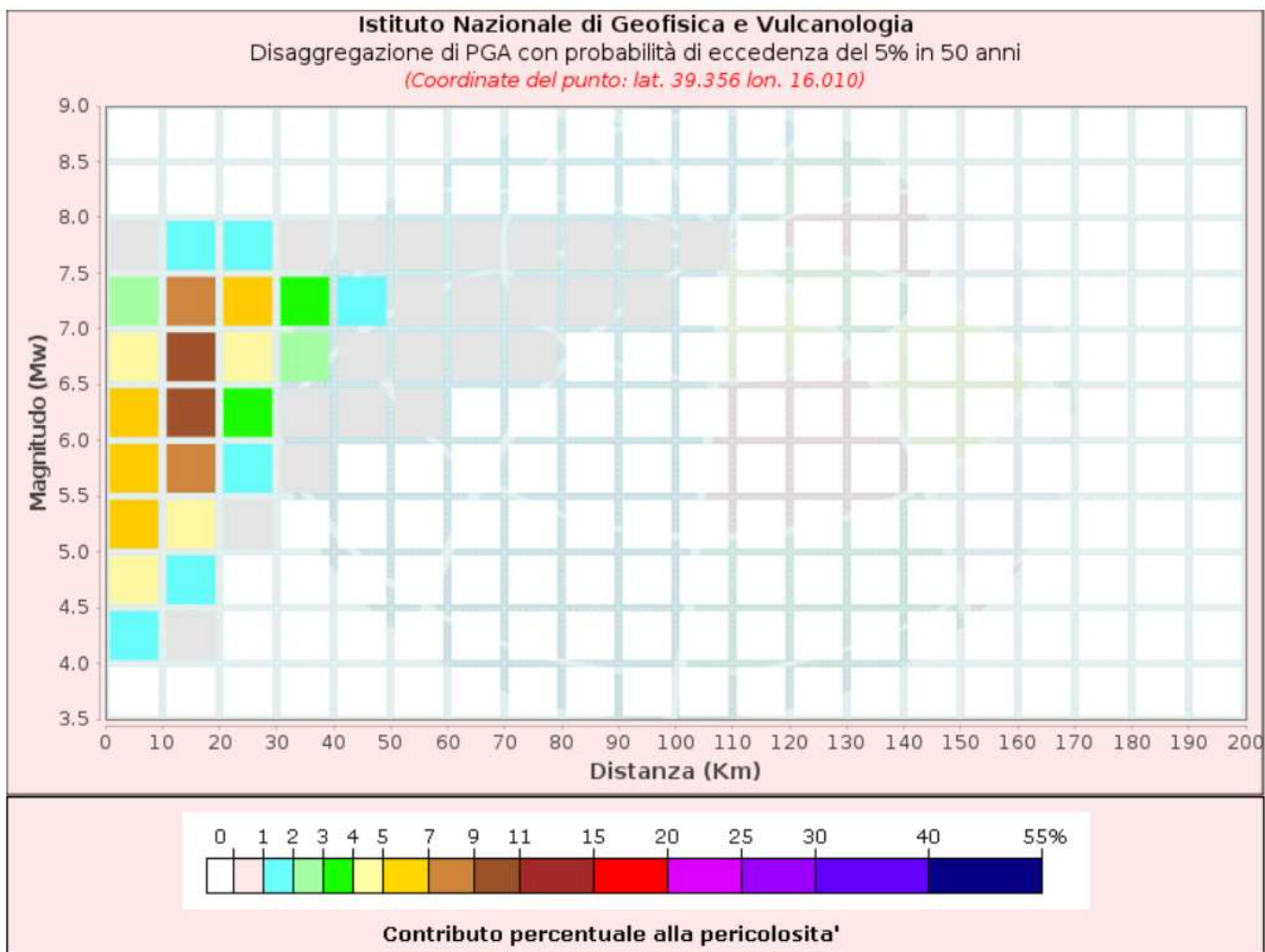


Figura 11.15: Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per l'unità DM

Dal grafico in Figura 11.15 è possibile trarre le seguenti conclusioni per SLV:

- Eventi sismici aventi magnitudo (MW) compresa tra 4.5 e 7.5, con valori medi poco superiori a 6.0;
- distanze epicentrali (R) degli eventi comprese tra 0.0 e 40.0, con distanza media di 17.1 km alla Magnitudo attesa di 6.37.

	Magnitudo	Distanza	Epsilon
Valori Medi	6.37	17.1	1.15



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	147 di 156

11.6.3 Analisi SPT

Di seguito, nella Tabella 11.2, vengono riportati i risultati dell'analisi a liquefazione per le prove SPT presenti. In giallo sono evidenziati i valori che presentano un IPL (indice di Potenziale Liquefazione) maggiore di zero. In Figura 11.16 viene invece graficato il F.S. di tutti i valori, si fa presente che i valori $FL > 1.5$ sono stati graficati pari a 1.5.

Unità DM		M	amax	MSF
gamma	20	6.37	2.98	1.35

L+A

n	z	NSPT	Dz	zfalda		gamma	gamma'	σ	σ'	rd	CSR	Cn	Ce/b/r/s	FC	N60	n60-cs	CRR	FL	F(z)	w(z)	IPL
SVI-06	3.23	10	1	5.5		20	10	65	32.25	0.96	3.72	1.70	1.00	40	17	23	0				
SVI-07	2.825	19	1	4.6		20	10	57	28.25	0.97	3.74	1.70	1.00	8	32	33	0.717				
SVI-07	6.225	34	1	4.6	SAT	20	10	125	62.25	0.90	3.50	1.27	1.00	8	43	43	15.274	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-07	9.325	47	1	4.6	SAT	20	10	187	93.25	0.84	3.24	1.04	1.00	8	49	49	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-04	3.225	28	1	2.5	SAT	20	10	65	32.25	0.96	3.72	1.70	1.00	13	48	50	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-04	6.825	25	1	2.5	SAT	20	10	137	68.25	0.89	3.45	1.21	1.00	13	30	33	0.729	0.28	0.72	1.00	0.7
SVI-04	9.725	40	1	2.5	SAT	20	10	195	97.25	0.83	3.20	1.01	1.00	13	41	43	12.913	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-04	12.63	48	1	2.5	SAT	20	10	253	126.3	0.76	2.95	0.89	1.00	13	43	45	34.754	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-04	15.43	62	1	2.5	SAT	20	10	309	154.3	0.70	2.72	0.81	1.00	13	50	52	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-05	3.225	21	1	4.4		20	10	65	32.25	0.96	3.72	1.70	1.00	17	36	40	3.578				
SVI-05	6.525	61	1	4.4	SAT	20	10	131	65.25	0.90	3.47	1.24	1.00	17	76	79	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-05	10.23	68	1	4.4	SAT	20	10	205	102.3	0.82	3.16	0.99	1.00	17	67	71	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-05	12.23	69	1	4.4	SAT	20	10	245	122.3	0.77	2.99	0.90	1.00	17	62	66	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-05	15.2	78	1	4.4	SAT	20	10	305	152.3	0.71	2.73	0.81	1.00	17	63	67	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-05	18.2	86	1	4.4	SAT	20	10	365	182.3	0.65	2.50	0.74	1.00	17	64	68	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-05	21.0	100	1	4.4	SAT	20	10	420	210	0.60	2.32	0.69	1.00	17	69	73	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
SVI-05	24.0	100	1	4.4	SAT	20	10	480	240	0.55	2.15	0.65	1.00	17	65	68	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
BH01	3.2	35	1	6.2		20	10	65	32.25	0.96	3.72	1.70	1.00	20	60	64	#####				
BH01	6.2	36	1	6.2	SAT	20	10	125	62.25	0.90	3.50	1.27	1.00	20	46	50	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
BH01	12.0	100	1	6.2	SAT	20	10	240	120.2	0.78	3.01	0.91	1.00	40	91	97	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
BH01	15.2	100	1	6.2	SAT	20	10	304	151.8	0.71	2.74	0.81	1.00	20	81	86	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
BH01	17.7	100	1	6.2	SAT	20	10	354	177	0.66	2.54	0.75	1.00	20	75	80	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
BH01	29.8	100	1	6.2	SAT	20	10	596	297.8	0.50	1.93	0.58	1.00	34	58	63	#####	1.50	0.00	1.00	0.0



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RC1C 03 R 11 GE GE 00 06 001 B 148 di 156

Italfer 20117

S1 197+149	3.00	18	1	3.5		20	10	60	30	0.96	3.73	1.70	1.00	20	31	35	1.13				
	6.00	49	1	3.5	SAT	20	10	120	60	0.91	3.52	1.29	1.00	20	63	68	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	9.00	68	1	3.5	SAT	20	10	180	90	0.84	3.27	1.05	1.00	20	72	76	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	12.00	86	1	3.5	SAT	20	10	240	120	0.78	3.01	0.91	1.00	20	79	83	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	15.00	35	1	3.5	SAT	20	10	300	150	0.71	2.75	0.82	1.00	20	29	33	0.77	0.37	0.63	1.00	0.6
	18.00	62	1	3.5	SAT	20	10	360	180	0.65	2.52	0.75	1.00	20	46	51	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	21.00	53	1	3.5	SAT	20	10	420	210	0.60	2.32	0.69	1.00	20	37	41	5.91	1.50	0.00	1.00	0.0
	24.00	62	1	3.5	SAT	20	10	480	240	0.55	2.15	0.65	1.00	20	40	44	24.44	1.50	0.00	1.00	0.0
S1 198+208	3.0	100	1	3		20.0	10	60	30	0.96	3.73	1.70	1.00	60	100	100	#####				
	6.0	100	1	3	SAT	20.0	10	120	60	0.91	3.52	1.29	1.00	60	100	100	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	9.0	100	1	3	SAT	20.0	10	180	90	0.84	3.27	1.05	1.00	20	100	100	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	12.0	66	1	3	SAT	20.0	10	240	120	0.78	3.01	0.91	1.00	20	60	65	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	15.0	79	1	3	SAT	20.0	10	300	150	0.71	2.75	0.82	1.00	20	65	69	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	18.2	46	1	3	SAT	20.0	10	364	182	0.65	2.50	0.74	1.00	20	34	39	2.67	1.43	0.00	1.00	0.0
s1 200+072	3.00	84	1	3.5		20.0	10	60	30	0.96	3.73	1.70	1.00	20	100	100	#####				
	6.00	66	1	3.5	SAT	20.0	10	120	60	0.91	3.52	1.29	1.00	20	85	90	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	9.00	100	1	3.5	SAT	20.0	10	180	90	0.84	3.27	1.05	1.00	20	100	100	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
s1 200+784	3.00	19	1	5		20.0	10	60	30	0.96	3.73	1.70	1.00	20	32	37	1.66				
	6.00	39	1	5	SAT	20.0	10	120	60	0.91	3.52	1.29	1.00	20	50	55	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	9.00	39	1	5	SAT	20.0	10	180	90	0.84	3.27	1.05	1.00	20	41	46	41.76	1.50	0.00	1.00	0.0
	12.00	35	1	5	SAT	20.0	10	240	120	0.78	3.01	0.91	1.00	20	32	36	1.52	0.68	0.32	1.00	0.3
	15.00	66	1	5	SAT	20.0	10	300	150	0.71	2.75	0.82	1.00	33	54	59	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	18.00	42	1	5	SAT	20.0	10	360	180	0.65	2.52	0.75	1.00	33	31	37	1.65	0.88	0.12	1.00	0.1
S1 201+116	3.00	60	1	3		20.0	10	60	30	0.96	3.73	1.70	1.00	20	100	100	#####				
	6.00	41	1	3	SAT	20.0	10	120	60	0.91	3.52	1.29	1.00	20	53	57	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	9.00	42	1	3	SAT	20.0	10	180	90	0.84	3.27	1.05	1.00	20	44	49	260.11	1.50	0.00	1.00	0.0
S1 200+587	3.00	100	1	4.5		20.0	10	60	30	0.96	3.73	1.70	1.00	20	100	100	#####				
	7.00	100	1	4.5	SAT	20.0	10	140	70	0.89	3.44	1.20	1.00	20	100	100	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	13.00	100	1	4.5	SAT	20.0	10	260	130	0.75	2.92	0.88	1.00	20	88	92	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	18.00	100	1	4.5	SAT	20.0	10	360	180	0.65	2.52	0.75	1.00	20	75	79	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	23.00	100	1	4.5	SAT	20.0	10	460	230	0.57	2.20	0.66	1.00	20	66	70	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
S1 197+258	3.60	57	1	7		20.0	10	72	36	0.95	3.69	1.67	1.00	23	95	100	#####				
	8.40	60	1	7	SAT	20.0	10	168	84	0.86	3.32	1.09	1.00	23	65	70	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	13.00	29	1	7	SAT	20.0	10	260	130	0.75	2.92	0.88	1.00	23	25	30	0.51	0.23	0.77	1.00	0.8
	17.00	100	1	7	SAT	20.0	10	340	170	0.67	2.59	0.77	1.00	23	77	82	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
S1 197+699	5.18	100	1	7		20.0	10	104	51.75	0.93	3.58	1.39	1.00	10	100	100	#####				
S1 197+975	6.3	60	1	5	SAT	20.0	10	126	63	0.90	3.49	1.26	1.00	13	76	78	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	13.7	48	1	5	SAT	20.0	10	274	137	0.74	2.86	0.85	1.00	13	41	44	15.64	1.50	0.00	1.00	0.0
	18	67	1	5	SAT	20.0	10	360	180	0.65	2.52	0.75	1.00	22	50	55	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	22	45	1	5	SAT	20.0	10	440	220	0.58	2.26	0.67	1.00	22	30	35	1.13	0.68	0.32	1.00	0.3
	27	72	1	5	SAT	20.0	10	540	270	0.52	2.02	0.61	1.00	22	44	49	234.08	1.50	0.00	1.00	0.0
S1 198+805	4	32	1	6		20.0	10	80	40	0.95	3.67	1.58	1.00	21	51	55	#####				
	6.715	100	1	6	SAT	20.0	10	134	67.15	0.89	3.46	1.22	1.00	21	100	100	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
001+357	4.30	43	1	5		20.0	10	86	43	0.94	3.64	1.52	1.00	20	66	70	#####				
	7.55	57	1	5	SAT	20.0	10	151	75.5	0.88	3.39	1.15	1.00	3	66	66	#####	1.50	0.00	1.00	0.0
	10	37	1	5	SAT	20.0	10	200	100	0.82	3.18	1.00	1.00	3	37	37	1.75	0.74	0.26	1.00	0.3
	19.60	100	1	5	SAT	20.0	10	392	196	0.62	2.41	0.71	1.00	20	71	76	#####	1.50	0.00	1.00	0.0

Tabella 11.2 – Riepilogo analisi liquefazione per le prove SPT eseguite nell'unità DM

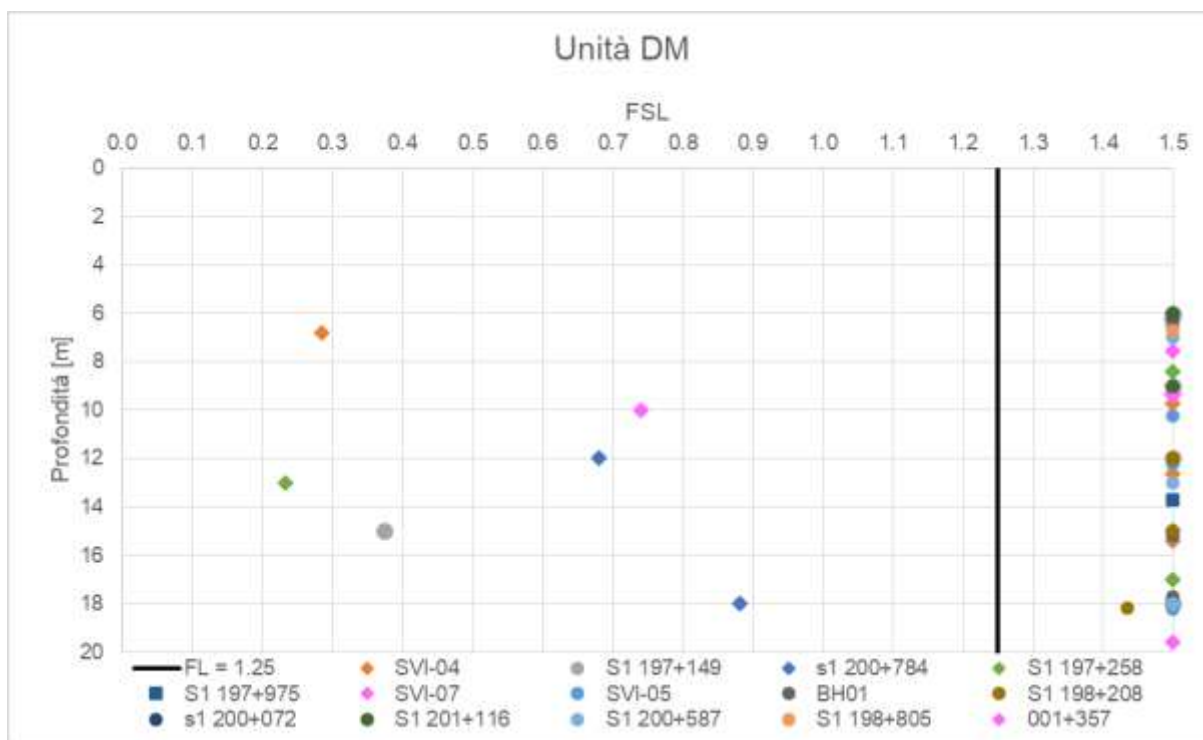


Figura 11.16: Fattore di sicurezza rispetto la liquefazione (unità DM)

Secondo l'analisi, risultano 6 prove su 56 (riferite a condizioni sotto falda) con possibile liquefazione, nel dettaglio tutte con Indice di Potenziale Liquefazione basso (< 1). Si fa inoltre notare che questi 6 punti appartengono a 5 sondaggi diversi, da cui si può concludere che eventualmente il rischio di liquefazione potrebbe apparire puntualmente (i.e. non si evidenziano problematiche riferite ad una particolare zona/verticale). Le prove DPSH sono state corrette in base ai valori N_{spt} presenti nell'unità corrispondente e individuando una correlazione di sito. Nel caso specifico il coefficiente per l'unità bn è pari a 2.5 (paragrafo 7.3.2)

Le indagini a disposizione sono DPSH 5, DPSH 6, DPSH 7, DPSH 8.

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi sulle prove DPSH a disposizione, utilizzando gli stessi parametri sismici indicati in precedenza.

	L [m]	falda	IP	
DPSH 5	9.0	5.0	0.0	MOLTO BASSO
DPSH 6	8.0	4.0	4.2	MODERATO
DPSH 7	3.0	2.0	0.0	MOLTO BASSO
DPSH 8	8.0	4.0	1.9	BASSO

11.6.4 Analisi Indagini 2017

Durante le indagini del 2017 sono stati eseguiti 15 sondaggi lungo le opere esistenti lato Paola e per ognuno è stata effettuata un'analisi del rischio di liquefazione. Nella tabella seguente si riepilogano i risultati ottenuti per ogni sondaggio.

file	Sondaggio	criteri Omissione		Verifica Iwasaki (Nspt)	Verifica Vs30
130	S1 197+149	si	distribuzione esterna fusi		
131	S1 198+208	si	distribuzione esterna fusi		
133	s1 200+072	si	distribuzione esterna fusi		
135	s1 200+784	si	distribuzione esterna fusi / (N1)60 > 30		
137	S1 201+116	si	distribuzione esterna fusi		
278	S1 200+587	si	(N1)60 > 30		
90	S1 197+258	No		FS > 1.25	NO LIQ
91	S1 197+699	si	(N1)60 > 30		
92	S1 197+975	si	(N1)60 > 30		
94	S1 198+805	No		FS > 1.25	LIQ
95	S1 199+089	si	(N1)60 > 30		
96	S1 199+703	No		FS > 1.25	NO LIQ
98	S1 000++601	No		FS < 1.25	NO LIQ
99	S1 000+670	si	(N1)60 > 30		
103	S1 001+357	si	(N1)60 > 30		

11.7 SCAVALCO AUTOSTRADA A2

Per la definizione della risposta sismica di base e locale si rimanda al paragrafo 4.2: Di seguito si riepiloga i dati utilizzati per l'analisi. La magnitudo é la stessa di quella individuata per le analisi lato Cosenza.

Di seguito si riepilogano quindi e dati utilizzati per l'analisi:

- ✓ Sito in esame: latitudine: 39,383826 [°]
longitudine: 16,241440 [°]
- ✓ Categoria sottosuolo: C
- ✓ Categoria topografica T1
- ✓ Periodo riferimento (VR) 150
- ✓ Classe d'uso (cu) IV (=2)

	Ss [-]	St [-]	a _{max} [m/s ²]	a _{max} [g]
SLO	1.500	1.000	1.85	0.19
SLD	1.470	1.000	2.34	0.24
SLV	1.080	1.000	4.42	0.45
SLC	1.000	1.000	5.02	0.51



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	152 di 156

11.7.1 Risultati

Analizzando i risultati delle prove SPT per il sondaggio di riferimento risulta che una prova sulle 5 effettuate presenta un FS < 1.

Scavalco A2	
gamma	19.5

M	amax	MSF
6.18	4.42	1.41

L+A

n	z	NSPT	Dz	zfalda		γ	γ'	σ	σ'	rd	CSR	Cn	Ce/b/r/s	FC	N60	n60-cs	CRR	FL	F(z)	w(z)	IPL
SVI-02	3.225	50	1	5.2		19.5	9.5	63	30.64	0.96	5.65	1.70	1.00	22	85	90	#####				
SVI-02	5.9	100	1	5.2	SAT	19.5	9.5	115	56.05	0.90	5.34	1.34	1.00	21	100	100	#####	#####	0.00	7.05	0.00
SVI-02	8.75	65	1	5.2	SAT	19.5	9.5	171	83.13	0.84	4.96	1.10	1.00	27	71	77	#####	#####	0.00	5.63	0.00
SVI-02	11.8	66	1	5.2	SAT	19.5	9.5	230	112.1	0.77	4.53	0.94	1.00	20	62	67	#####	#####	0.00	4.10	0.00
SVI-02	16.225	32	1	5.2	SAT	19.5	9.5	316	154.1	0.67	3.94	0.81	1.00	35	26	31	0.58	0.21	0.79	1.89	1.50

Tabella 11.3 - Riepilogo analisi liquefazione per le prove SPT

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

12 SINTESI DEGLI ASPETTI PROGETTUALI GEOTECNICI

Le principali tematiche geotecniche analizzate, connesse alla realizzazione delle opere incluse in progetto, oltre alla valutazione sulla suscettibilità a liquefazione discussa nel precedente capitolo, sono riconducibili a:

1. Valutazione dei cedimenti e della stabilità dei rilevati ferroviari (elab. RC1C03R11RHGE0006001A);
2. Preidimensionamento delle GA e dei Muri ad U (elab. RC1C03R11CLGA0000001B);
3. Dimensionamento delle fondazioni dei viadotti (elab. RC1C03R11RHGE0006002A);
4. Analisi del dissesto in corrispondenza della nuova viabilità (elab. RC1C03R11RHGE0006003A).

12.1 RILEVATI

Le verifiche in termini di cedimenti e stabilità locale e globale delle sezioni rappresentative dei rilevati previsti sono dettagliate nell'elaborato RC1C03R11RHGE0006001A; di seguito si riporta una descrizione delle opere.

I rilevati ferroviari sono generalmente previsti con pendenza 3H:2V e con la realizzazione di una banca intermedia, di larghezza pari a 2 m, dove l'altezza dei rilevati supera i 6.0 m, misurata a partire dal ciglio superiore del rilevato. Al di sotto del rilevato è previsto uno scotico per uno spessore pari a 0.5 m.

Le scarpate del rilevato sono rifinite con una finitura a verde di spessore pari a circa 30 cm. Il rilevato è finito in sommità con la realizzazione di uno strato di super compattato di spessore pari a 30 cm, al di sopra del quale verrà realizzato uno strato di sub-ballast di spessore pari a 12 cm sul quale verranno posizionati ballast, traversine ed armamento ferroviario.

Per quanto riguarda i rilevati lato Cosenza, sono in affiancamento alla linea esistente con un'altezza compresa tra 9 e 13 m (tra pc e piano di posa del ballast). Data l'altezza e la vicinanza con il binario esistente, per limitare i cedimenti, sia assoluti, sia indotti sul binario esistente in esercizio, fino alla stazione di Rende si prevede l'utilizzo di rilevati alleggeriti con proporzione 20% (materiale in misto granulare)/80% (argilla espansa).

Inoltre, data l'alta sismicità della zona, è previsto l'utilizzo di geogriglie in modo da garantire la stabilità interna del rilevato in condizioni sismiche. Esse sono state ipotizzate con interasse verticale pari a 0.9 m

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

(per poter essere installate all'interno degli strati di materiale in misto granulare) e una lunghezza pari a 9.5 m (pari alla larghezza del nuovo rilevato). La resistenza a trazione stata ipotizzata pari a 100 kN/m.

Per quanto riguarda i rilevati lato Paola – S.Lucido, risultano in affiancamento alla linea esistente con un'altezza compresa tra 3.8 e 5.0 m (tra pc e piano di posa del ballast) oppure completamente di progetto a doppio binario (anch'essi con un'altezza compresa tra 3.8 e 5.0 m tra pc e piano di posa del ballast).

Per questi rilevati, data l'elevata sismicità della zona, si prevede l'utilizzo di terreni trattati con calce (dettagli e riferimenti presenti nel Capitolato Tecnico di Appalto RFI) in modo da garantire la stabilità interna in condizioni sismiche e di permettere il riutilizzo di una quota parte di materiali argillosi provenienti dagli scavi, con evidente maggiore beneficio anche dal punto di vista ambientale.

12.2 GALLERIE ARTIFICIALI E MURI AD U TRA DIAFRAMMI

Tra le opere comprese in progetto sono previsti i seguenti Muri ad U e Gallerie Artificiali il cui pre-dimensionamento è dettagliato nell'elab. . RC1C03R11CLGA0000001B:

- Muri a U realizzati tra diaframmi tirantati in fase provvisoriale (MU05 – MU08);
- Gallerie artificiali doppio binario scavate tra diaframmi tirantati in fase provvisoriale, con realizzazione di una scatola interna con separazione dei binari mediante setto centrale (GA02-GA20);
- Gallerie artificiali singolo binario, scavate tra diaframmi puntonati in fase provvisoriale, con realizzazione di una scatola interna (GA03-GA04).

Per quanto riguarda i muri ad U realizzati tra diaframmi, si considerano due tipologie di sezioni. La prima sezione è rappresentativa della WBS MU05. Essa è situata in corrispondenza di TR20 (stazione di Rende) ed è realizzata mediante paratie di diaframmi di spessore 1.2 e lunghezza 20m, con due ordini di tiranti (a profondità -2.0 e -6.0 da p.c.) in fase provvisoriale.

La seconda tipologia di muri ad U tra diaframmi è stata adottata per la WBS MU08 (e per analogia assimilabile anche alla MU07) ed è situata in corrispondenza della TR03. Essa è realizzata mediante paratie di diaframmi di spessore 1.2 e lunghezza 20m per la paratia di monte e 15m per la paratia di valle, dovuto ad un salto di quota del p.c. tra monte e valle. La paratia di monte presenta anche un ordine di tiranti provvisoriale (a profondità -3.5 da p.c.).

	LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO					
	Relazione geotecnica opere all'aperto	COMMESSA RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R 11 GE	DOCUMENTO GE 00 06 001	REV. B

La GA02, è situata tra le gallerie artificiali di imbocco alla nuova galleria naturale GN01 e la stazione di Rende ed è realizzata mediante lo scavo dall'alto tra diaframmi di spessore 1.2m e lunghezza 22m. Durante le fasi di scavo si prevede l'installazione di due ordini di tiranti a carattere provvisoria posti a quota -2.0 e -6.0m da p.c.

La GA03 e la GA04, sono situate tra la galleria artificiale GA02 e la nuova galleria naturale GN01. Sono scatolari a singolo binario, realizzati mediante lo scavo dall'alto tra diaframmi di spessore 1.0m e lunghezza 25m. Durante le fasi di scavo si prevede l'installazione di tre ordini di puntoni a carattere provvisoria posti a quota -0.5, -3.5 e -10.0m da p.c.

12.3 FONDAZIONI PROFONDE

Le fondazioni delle opere "fuori terra" risultano suddivise nelle seguenti tipologie:

- le fondazioni delle spalle e pile della VI01, 02, 03 e 04 sono costituite da palificate di 12 o 9 pali di grande diametro (\varnothing 1500);
- le fondazioni VI05 e VI06 sono costituite da una paratia di pali \varnothing 1000 e da una trave di coronamento di spessore 2.00 m e altezza 1.50 m. Sono presenti, inoltre, muri di risvolto a contenimento del rilevato. Tale tipologia è stata adottata al fine di ridurre l'ingombro delle opere, che vengono realizzate in affiancamento alla linea in esercizio;
- le fondazioni del viadotto VI07 sono su micropali \varnothing 300, adottati al fine di minimizzare le soggezioni all'esercizio ferroviario durante la realizzazione dell'opera. I due impalcati in struttura mista, uno a doppio binario ed uno a singolo binario, poggiano su un'unica spalla in c.a. costituita da una trave di coronamento di spessore 2.00 m e altezza 1.80 m e da muri di risvolto a contenimento del rilevato;
- infine, per la galleria artificiale GA01 si prevede una fondazione costituita da pali di diametro 1000 mm.

Per i dettagli sulle procedure e gli esiti dei predimensionamenti si rimanda allo specifico elaborato RC1C03R11RHGE0006002A.

12.4 ANALISI DEL DISSESTO NELL'AREA DELLA NV07

Negli specifici elaborati RC1C03R11RHGE0006003A e RC1C03R11PZGE0006001A sono inserite descrizioni e analisi dell'area in dissesto individuata nella zona in cui è prevista la NV07.



LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
RADDOPPIO COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

Relazione geotecnica opere all'aperto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1C	03	R 11 GE	GE 00 06 001	B	156 di 156

Il dissesto analizzato è uno scivolamento in terra in stato di quiescenza con spessore indicativo di 8-10m, ricostruito sulla base di analisi morfologiche, dati geologici, stratigrafie dei sondaggi e indagini geofisiche. Sono stati infatti eseguite due coppie di sondaggi (SF1-SF1bis e SF2-SF2bis), ciascuna comprendente un piezometro ed un inclinometro, i cui dati di monitoraggio saranno disponibili per le prossime fasi progettuali. Le note geomorfologiche della scheda riportano che *“non sono presenti indizi di riattivazioni recenti, mentre si notano sporadiche lesioni e cedimenti lungo la sede stradale esistente (immediatamente a valle della nicchia) e i muri a gravità (nella parte bassa del pendio)”*. L'area di frana è attraversata nella sua parte centrale dalla nuova viabilità NV07, la quale prevede rilevati di modesta entità (Hmax=2m circa). L'effetto del sovraccarico riconducibile ai citati rilevati sulla stabilità generale dell'area è stato valutato attraverso le analisi di stabilità (cfr. RC1C03R11RHGE0006003A) eseguite sulla sezione rappresentativa delle condizioni maggiormente critiche. I risultati hanno dimostrato che l'area in esame si trova in una condizione di sicurezza che soddisfa le verifiche sia in campo statico, sia sismico e che la realizzazione della viabilità incide sulla condizione indisturbata in modo del tutto trascurabile, non alterando lo stato di quiescenza della frana. Per quanto detto, non sono risultati necessari specifici interventi di consolidamento per il dissesto in esame, tuttavia è al fine di scongiurare l'instaurarsi di instabilità superficiali del corpo di frana che possano produrre locali sconfigurazioni della viabilità NV07, è stata prevista la realizzazione di una paratia di pali immediatamente a valle della viabilità stessa (cfr RC1C03R11PZGE0006001A). Ulteriori approfondimenti saranno sviluppati nella prossima fase progettuale di PFTE per gara, anche sulla base dei risultati del monitoraggio della strumentazione installata.