



**strada dei
PARCHI**spa
A24 autostrade A25

AUTOSTRADA A24
ROMA - L'AQUILA - TERAMO
TRATTA TORNIMPARTE - L'AQUILA OVEST

**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO
AI SENSI DELLA LEGGE 228/2012
ART.1 COMMA 183**

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DEI VIADOTTI
RAIO, ATERNO (AQ), ATTRAVERSAMENTO S.S.17
FOSSO VETOIO E RAMPA ROMA-L'AQUILA OVEST

PROGETTO DEFINITIVO

**GEOLOGIA E GEOTECNICA
VIADOTTO ATTRAVERSAMENTO S.S.17
GEOLOGIA**

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMESSA	FASE	MACRO OPERA	AMBITO/OPERA	DISCIPLINA	TIPO	PROGR.	REV.	SCALA
250	D	003	VI078	GEO	RE	002	A	
Rev.	Data	Descrizione				Redatto	Verificato	Approvato
A	Febbraio 2018	Emissione				G. Anibaldi	G. Furlanetto	F. Presta

FILE: 250D003VI078GEORE002A.DWG

PROJECT MANAGER: Ing. Stefano Ventura

<p>PROGETTAZIONE:</p>  <p>IL DIRETTORE TECNICO (Ing. Francesco Presta)</p>	<p>IL PROGETTISTA (Ing. Guido Furlanetto)</p> 	<p>COMMITTENTE: LA SOCIETA' CONCESSIONARIA</p>  <p>strada dei PARCHIspa A24 autostrade A25</p> <p>IL PROCURATORE SPECIALE (Ing. Gabriele Nati)</p>	
---	---	--	---



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, I SISTEMI INFORMATIVI E STATISTICI
DIREZIONE GENERALE PER LA VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

VIADOTTO S.S. 17

RELAZIONE GEOLOGICA

Indice

1	PREMESSA	3
2	NORME E RIFERIMENTI	3
3	IL VIADOTTO S.S. 17	4
3.1	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	4
3.1.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3.1.2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	8
3.2	IL PIANO DELLE INDAGINI.....	10
3.2.1	INDAGINI GEOTECNICHE DI SITO E LABORATORIO	10
3.2.2	INDAGINI GEOFISICHE	11
3.3	RISULTATI DELLE INDAGINI.....	12
3.3.1	LITOSTRATIGRAFIA.....	12
3.3.2	CATEGORIA DI SUOLO	12
3.3.3	CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI.....	13
4	BIBLIOGRAFIA	30

1 PREMESSA

La presente Relazione Geologica è parte integrante del Progetto Definitivo di adeguamento sismico del Viadotto S.S. 17 (AQ), commissionato da Strada dei Parchi S.p.A alla scrivente Infraengineering s.r.l..

Il progetto si inserisce nel piano più generale di interventi di adeguamento delle autostrade A24 e A25, ai sensi art.1 comma 183 legge 228/2012.

Il seguente elaborato descrive l'assetto geologico-stratigrafico e geomorfologico dell'area di sedime del Viadotto S.S. 17; l'opera fa parte del tronco autostradale A24 Roma-L'Aquila-Teramo alla progressiva km 100+600 circa ed attraversa il territorio comunale di L'Aquila.

Gli elementi di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area sono il frutto degli studi generali condotti all'atto della costruzione dell'opera, noti bibliograficamente e derivanti da indagini condotte sul terreno.

La presente relazione riporta una valutazione delle caratteristiche del sottosuolo secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) ed è finalizzata a supportare il progetto di adeguamento sismico dell'opera.

2 NORME E RIFERIMENTI

D. M. 11/3/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle opere di fondazione;

Circolare Min. LL. PP. 24/9/1988 n. 30483: Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;

Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - Giugno 1977;

Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - Gennaio 1994;

Ordinanza del 20/03/2003 n. 3274 e s.m.i. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";

D.M. 14/01/2008 - Norme tecniche per le costruzioni;

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A) - D.P.R. n.380/2001 – art. 89;

Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06: "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

3 IL VIADOTTO S.S. 17

3.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

3.1.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto geologico-strutturale del settore di interesse è ampiamente descritto in bibliografia. In particolare si è fatto riferimento alle note illustrative del Foglio Geologico 359 "L'Aquila" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 (1) ed alla documentazione redatta nell'ambito degli studi di Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana (2).

Il Viadotto S.S. 17 si sviluppa per una lunghezza di circa 90 m lungo l'autostrada A24 nel settore occidentale del comprensorio comunale di L'Aquila.

La piana di L'Aquila rappresenta uno dei bacini quaternari intramontani più tipici dell'Appennino centrale. È un Graben asimmetrico di 30 km² a forma triangolare bordato a N dalla faglia principale distensiva del M. Pettino e a sud, lungo la linea pedemontana tra Pagliare di Sassa e Campo di Pile, da una faglia distensiva antitetica nord-immersa ad attività tettonica almeno medio-pleistocenica. La faglia del M. Pettino è considerata sismogenica con attività di crescita che ha condizionato fortemente la sedimentazione e l'asimmetria del Graben; è orientata NW-SE ed E-W e ribassa verso la piana, a SW, di almeno 1000 m le unità pre-quaternarie. Il bacino, con il depocentro attuale spostato verso la faglia del M. Pettino, è stato in parte colmato da circa 200 m di depositi clastici continentali quaternari di ambiente lacustre, fluviale e di versante. Il substrato pre-Quaternario e i rilievi circostanti sono costituiti da unità meso-cenozoiche silicocalcareo-marnose con apporti calcareo-detritici, di scarpata-bacino di transizione (unità dell'area Gran Sasso), e calcareo-dolomitiche di piattaforma carbonatica con soglia inclusa (unità dell'area dei Monti d'Ocre) deformate dalla dinamica orogenetica neogenica in pieghe e sovrascorrimenti (2).

Il Viadotto S.S. 17 attraversa i depositi alluvionali olocenici del Fiume Aterno e del Torrente Raio, poggianti sui depositi terrazzati del Fosso Vetoio.

Depositi alluvionali (Olocene)

Alternanze di ghiaie eterometriche parzialmente clasto-sostenute con elementi calcarei sia arrotondati che subangolosi che, a luoghi, presentano embriciature e sabbie sottilmente stratificate (piano-parallela e incrociata) con lenti e livelli limoso-argillosi intercalati. Nell'area aquilana le alluvioni affiorano tra le quote 640 m e 590 m s.l.m..

Depositi alluvionali terrazzati del Fosso Vetoio (Pleistocene medio-superiore)

Strati e lenti di spessore e dimensione variabile di ghiaie, sabbie, limi sabbiosi e argillosi a giacitura suborizzontale. Le ghiaie presentano una colorazione giallastra dovuta principalmente alla sabbia presente come matrice e, in alcuni casi, rosso-bruno legata a processi di alterazione e grigio-nerastra dovuta a patine di manganese. Sono di natura prevalentemente calcarea e subordinatamente silicea ed i clasti provengono prevalentemente dalle formazioni di scarpata-bacino delle Unità del Gran Sasso. Le ghiaie si presentano con vari gradi di classazione, da poco a fortemente cementate con legante calcitico, arrotondate e con una sfericità nell'insieme bassa; in alcune porzioni si notano gradazioni più o meno evidenti dirette e inverse ed embriciature. Le sabbie si dispongono in lenti di vario spessore ed in livelli con laminazioni piano-parallele e incrociate alternate alle ghiaie a formare strutture tipo foreset. I

sedimenti più fini, presenti nella parte sommitale della serie, sono costituiti da limi sabbiosi ed argillosi (interpretati come legati a fenomeni di esondazione) di colore grigiastro, ricchi di gasteropodi dulcicoli e caratterizzati da un'alta percentuale di minerali vulcanici (soprattutto pirosseni e sanidino); al di sopra di questi ultimi è presente un livello tufitico di 20 cm. A luoghi un paleosuolo relitto (Luvisol).

I sedimenti di quest'unità affiorano a quote comprese tra 625 m e 640 metri s.l.m.e su queste è modellato un terrazzo alluvionale sospeso a circa 20 m sui thalweg attuali.

Da un punto di vista tecnico si tratta di materiali da sciolti granulari a debolmente coesivi con locali porzioni di ghiaie cementate; sono generalmente piuttosto addensati e dotati di discrete caratteristiche meccaniche. La compressibilità è praticamente trascurabile nelle porzioni ghiaiose e sabbiose mentre rimane modesta in quelle limoso argillose.

Questa unità corrisponde al Sintema di Catignano, descritto nella Carta Geologica D'Italia scala 1:50000 (1).

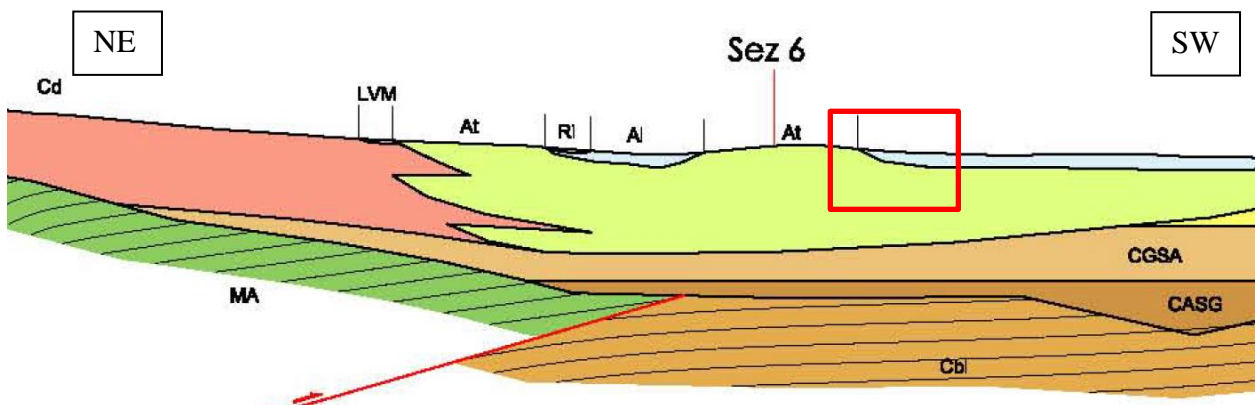
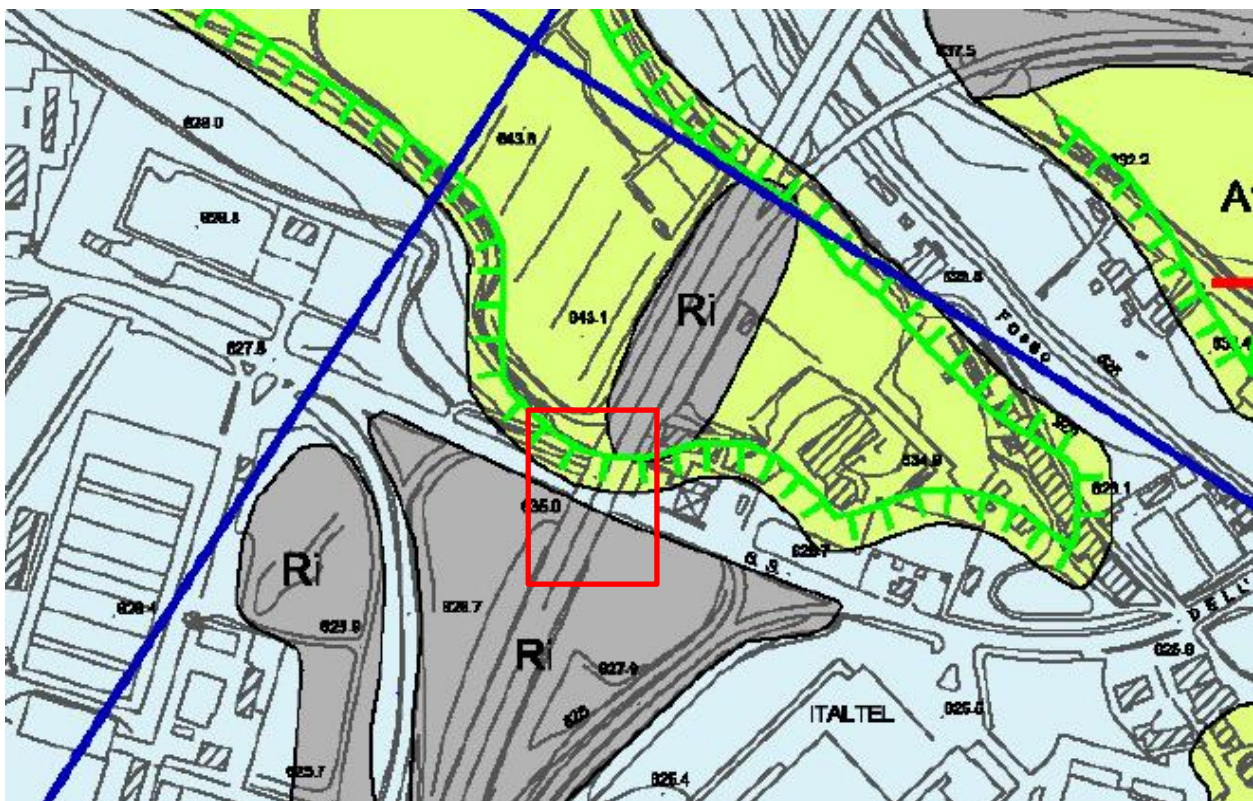


Figura 1 - Stralcio della carta e sezione geologica realizzata nell'ambito del progetto Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana. Da Gruppo di lavoro MS-AQ (2), modificato. Al- Depositi alluvionali del Fiume Aterno e del Torrente Raio; Cd- detriti delle conoidi del M. Pettino (Olocene – Pleistocene superiore); At- Alluvioni terrazzate del Vetoio (Pleistocene medio-superiore); Br1- Breccie dell'Aquila (Pleistocene medio); L – Depositi lacustri antichi (Pleistocene inferiore – Pliocene superiore); CGSA–Complesso Ghiaisoso-Sabbioso-Argilloso (Pleistocene inferiore); CASG–Complesso Argilloso-Sabbioso-Ghiaisoso (Pleistocene inferiore); Cbi- substrato carbonatico meso-cenozoico.

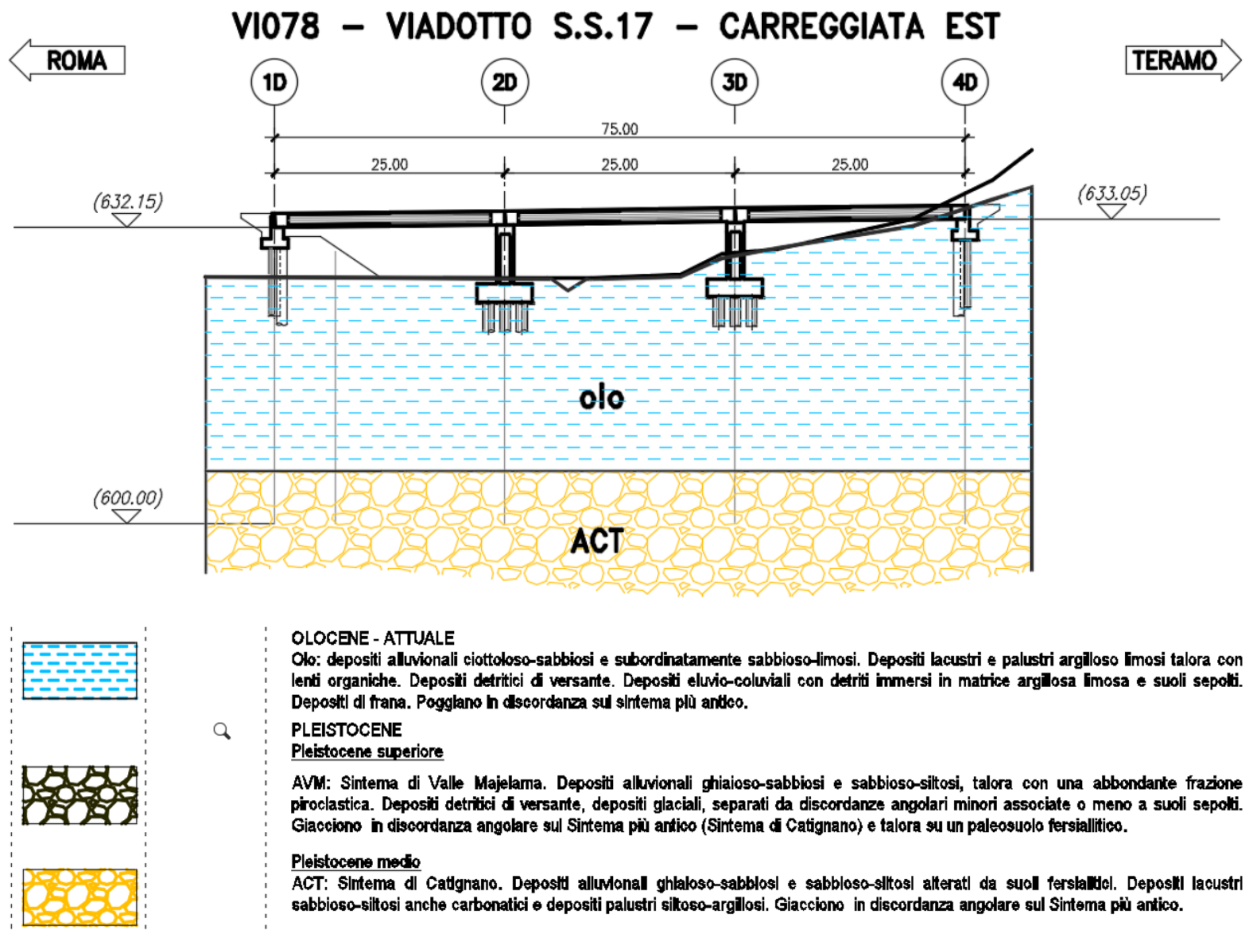


Figura 2 – Profilo geologico Viadotto S.S. 17.

3.1.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La conca aquilana è costituita da serie di depressioni morfologiche e di piane, a quote comprese tra 500 m e 900 m, contigue o parzialmente coalescenti, allungate complessivamente per oltre 40 km in direzione prevalentemente NW-SE e con un'ampiezza che non supera i 10 km (piana di Barete-Pizzoli, 700 m; conca di Scoppito, 700-750 m; piana di Preturo, 660 m; piana di Monticchio, 590 m; piana di Onna- Paganica, 570-620 m; Piana di Barisciano, 850 m; Piana di Caporciano, 740 m; Altipiano di Navelli, 670 m). La conca è bordata da rilievi, anch'essi a direzione NW-SE, con quote variabili da 1000 m a oltre 2000 m, che culminano nei rilievi del Gran Sasso a NE (Corno Grande, 2912 m) e del Monte Ocre (2204 m) e del Monte Sirente (2348 m) a SW. Alcuni modesti rilievi sono all'interno della conca e separano piane e depressioni contigue determinando una configurazione fisiografica molto articolata. Attualmente la conca è attraversata longitudinalmente dal corso del Fiume Aterno e complessivamente rientra nel bacino idrografico dell'Aterno-Pescara.

Complessivamente la configurazione geomorfologica attuale della conca aquilana è il risultato della combinazione dei processi morfotettonici legati all'attività delle faglie che bordano la conca stessa, e dei processi morfosculturali, erosivi e deposizionali, legati ai diversi ambienti (carsico, di versante, fluviale, ecc). La tettonica ha determinato la configurazione del bacino con la formazione delle conche e delle valli tettoniche sviluppatesi per la subsidenza tettonica locale lungo le principali faglie normali. La variazione dei livelli di base e l'incremento dell'energia di rilievo lungo i versanti, connessa a tali fenomeni, d'altro canto, ha determinato la distribuzione e l'intensità dei processi geomorfologici e delle relative forme erosive e deposizionali. Tali elementi, in sintesi, unitamente alla disposizione dei depositi continentali, indicano un'evoluzione morfostrutturale legata al bilancio tra la subsidenza tettonica locale lungo le faglie e a successive fasi di approfondimento del reticolo idrografico sin dal Pliocene superiore.

Il Viadotto S.S. 17 attraversa un settore caratterizzato da bassa energia di rilievo con pendenze generalmente inferiori al 5%, interrotte da scarpate di erosione fluviale inattive nell'attuale contesto morfoclimatico, di altezza massima pari a 5 m .

Dall'analisi del foglio 359 Ovest della Carta geomorfologica della Regione Abruzzo, stralcio in Figura 3, emerge che nel sito in esame non sono attivi rilevanti processi morfogenetici.

L'analisi dei dati bibliografici e i rilievi sito specifici effettuati su un'area sufficientemente estesa, permettono di considerare geomorfologicamente stabile l'area di sedime del Viadotto S.S. 17.

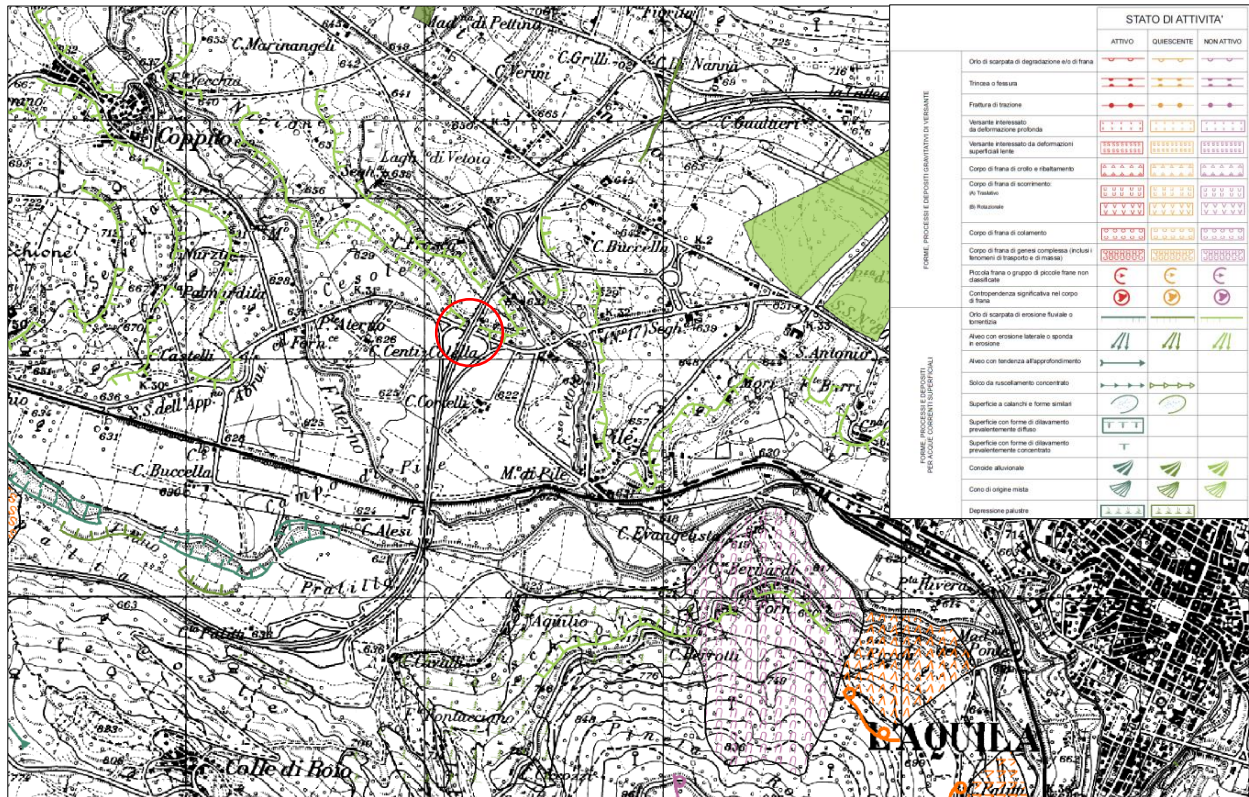


Figura 3 - Stralci della "Carta geomorfologica Regione Abruzzo" e relativa legenda, Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi Foglio 359 O.

3.2 IL PIANO DELLE INDAGINI

Nel mese di Gennaio 2015 è stata condotta una campagna di indagini di tipo geognostico, geotecnico e geofisico dalla società Dimms di Avellino. La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni campionati è stata condotta conferendo gli stessi presso il laboratorio geotecnico autorizzato della medesima società.

Sono stati effettuati 2 sondaggi geognostici, in corrispondenza dell'area di sedime del viadotto autostradale considerato, nei punti indicati nella planimetria allegata (Allegato 1). Le perforazioni sono state enumerate in ordine progressivamente crescente procedendo dal lato Roma verso Teramo (da S1 a S2). Ogni verticale di indagine è stata definita indicando nel nome del sondaggio la WBS del viadotto, il numero del sondaggio e l'allestimento dello stesso (es. VI078_S1_DH).

I campionamenti di tipo indisturbato, effettuati nei livelli caratterizzati da terreni a comportamento coesivo hanno permesso una caratterizzazione geotecnica degli stessi mediante analisi di laboratorio finalizzate all'individuazione delle principali caratteristiche meccaniche dei terreni investigati. Nel foro VI078_S1_DH, appositamente condizionato, è stata effettuata una prospezione geofisica di tipo down-hole, al fine di determinare la Categoria di appartenenza del sottosuolo investigato, in base a quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Le stratigrafie di sondaggio, unitamente alle risultanze delle indagini geofisiche e delle prove geotecniche di laboratorio sono raccolte nell'Allegato 1 alla presente Relazione.

3.2.1 INDAGINI GEOTECNICHE DI SITO E LABORATORIO

Nell'ambito delle perforazioni di sondaggio, laddove possibile, sono stati prelevati 6 campioni indisturbati, sui quali sono state eseguite indagini di laboratorio finalizzate alla determinazione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni prelevati. Si è inoltre provveduto al prelievo di ulteriori 3 campioni rimaneggiati all'interno di orizzonti stratigrafici a granulometria sabbiosa (Figura 4).

Durante la perforazione sono state effettuate 6 prove SPT (ASTM D 1586-84). La prova penetrometrica dinamica consente in prima approssimazione di individuare la costituzione litologica del sottosuolo per omogeneità geomeccanica, differenziando i terreni coerenti da quelli incoerenti, e permettendo di stimare alcuni parametri geotecnici dal valore NSPT, attraverso correlazioni note bibliograficamente.

Nel foro di sondaggio VI078_S2_PZ, condotto a distruzione di nucleo fino a -31 m dal p.c., è stato installato un piezometro a tubo aperto finestrato da -21.5 a -29.5 m dal p.c. (Allegato 1).

DATA DI INVIO	20/01/2015						
VIADOTTO	SS17						
SONDAGGIO	S1DH	S1DH	S1DH	S1DH	S1DH	S1DH	S2PZ
CAMPIONE	C1	C2	C3	CR1	CR2	CR3	C1
B - PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO							
B1 - DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE							
Apertura ed estrazione di campione	X	X	X	X	X	X	X
Descrizione dei campioni	X	X	X	X	X	X	X
Determinazione del contenuto di acqua	X	X	X				X
Determinazione della massa volumica umida	X	X	X				X
Determinazione dei limiti di Atterberg (LL,LP,IP)	X	X	X				X
Determinazione del limite liquido per almeno 3 punti	X	X	X				X
Prelavaggio del materiale	X	X	X				X
Analisi granulometrica per via secca (vagliatura)	X	X	X	X	X	X	X
Analisi granulometrica per sedimentazione	X	X	X	X	X	X	X
Peso specifico assoluto dei grani	X	X	X				X
Peso specifico apparente (Massa volumica)	X	X	X				X
B3 - DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE							
Prova edometrica su campione indisturbato							
a. Sei carichi con tracciamento diagramma e/lgp			X				X
b. Diagramma cedimenti-tempo in corrispondenza di un carico			X				X
c. Ciclo di scarico			X				X
Prove triassiali. Non consolidata, non drenata (UU)							
a. senza misura delle sovrappressioni interstiziali	X		X				
Prove triassiali. Consolidata, non drenata o drenata (CIU, CID)							
CIU su tre provini		X					X
Prova di taglio diretto							
CL su tre provini	X	X					

Figura 4 - Sintesi delle indagini geotecniche di laboratorio richieste sui campioni prelevati.

3.2.2 INDAGINI GEOFISICHE

Al fine di caratterizzare sismicamente il sottosuolo investigato, è stata effettuata una prospezione sismica mediante il test down hole nel foro VI078_S1_DH. Il foro di sondaggio è stato appositamente "condizionato" cementando per 31 m dal p.c. l'intercapedine tra il tubo in PVC nel quale è stata effettuata la lettura, e le pareti del foro. Per permettere un adeguato ritiro della miscela cementizia (acqua-cemento-bentonite) i test sono stati eseguiti 28 giorni dopo la messa in posto della stessa. L'indagine condotta permette di valutare il parametro Vs30, necessario ad individuare la categoria di sottosuolo, in base a quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008). Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo di trasmissione dalle onde P e S da una sorgente sismica, posta in superficie, ai ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio. Dall'analisi dei tempi d'arrivo, nota la geometria del sistema di acquisizione, è possibile calcolare lo spessore dei sismostrati ed altri parametri caratterizzanti il sottosuolo investigato, quali:

- Densità media (γ);
- Coefficiente di Poisson medio (μ);
- Modulo di deformazione a taglio medio (G);
- Modulo di compressibilità edometrica medio (Ed);
- Modulo di Young medio (E);
- Modulo di compressibilità volumetrica medio (Ev).

3.3 RISULTATI DELLE INDAGINI

3.3.1 LITOSTRATIGRAFIA

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di caratterizzare le sequenze litostratigrafiche costituenti le unità geologiche interessate dal Viadotto S.S. 17.

L'unità dei Depositi alluvionali (Olocene) è stata rilevata per uno spessore 21 m nel sondaggio VI078_S1_DH.

È costituita da alternanze di sabbie limoso ghiaiose e argille moderatamente consistenti, rilevate fino alla profondità di 10 m dal p.c.. Da 10 a 21 m dal p. c. è stato rilevato un banco argilloso grigio caratterizzato da diffusi livelli torbosi.

L'unità di base, costituita dai depositi alluvionali terrazzati del fosso vetoio, è stata rilevata da 21 a 31 m dal p.c. ed è caratterizzata da ghiaie e sabbie in matrice limosa moderatamente addensate.

Idrogeologicamente l'unità inferiore costituisce un'acquifero confinato superiormente dal banco argilloso. Tale assetto determina la presenza di una falda in pressione con risalita fino al piano campagna, rilevata nel piezometro il giorno 16/01/2015.

3.3.2 CATEGORIA DI SUOLO

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate (Allegato 1), considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dal Viadotto S.S. 17, si ritiene opportuno attribuire al sottosuolo investigato la Categoria C, prevista dal D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni.

Il sottosuolo interessato dal Viadotto S.S. 17 ha pertanto caratteristiche riconducibili a "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

3.3.3 CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche dei terreni interessati dalle fondazioni, nelle figure seguenti sono riportati i fusi granulometrici relativi ai campioni prelevati dai sondaggi.

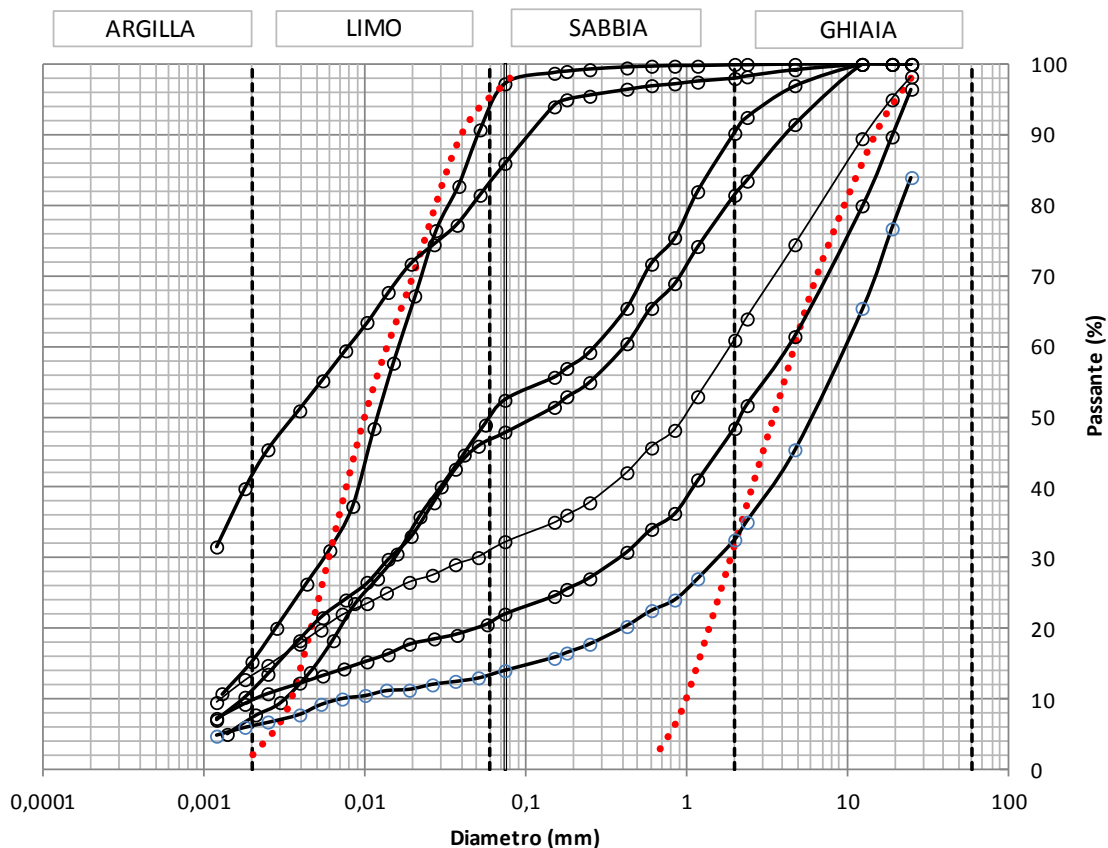


Figura 5 – Curve Granulometriche compressive

Le curve granulometriche mostrano la prevalenza di materiali sabbiosi e limosi; nella stessa figura è riportato il confronto con i fusi granulometrici indicati dalle NTC 08, all'interno dei quali sono compresi i terreni suscettibili di fenomeni di liquefazione; alcuni fusi granulometrici individuati con le prove di laboratorio risultano interni a questi limiti, prefigurando quindi la possibilità di fenomeni di liquefazione degli strati più sabbiosi, in particolare degli strati più superficiali (Campione S1 DH C1). Lo strato di base, più profondo, è sottostante ad uno strato limoso argilloso che limita i fenomeni di liquefazione.

Nella Figura 6 è riportato il valore della frazione passante al setaccio 200, che mostra la variabilità della granulometria dei terreni con la profondità; il valore di CF è infatti compreso tra 50 e 98% fino alla profondità di circa 21 metri da piano campagna, dove si incontra il substrato a caratteristiche prevalentemente ghiaioso sabbioso con CF che si riduce con la profondità da 20 a 30%.

L'indice di plasticità dei terreni (Figura 8) è variabile tra il 25 e il 30% nei primi metri di profondità,

mentre scende a 18% nel substrato ghiaioso .

Confrontando i valori dei limiti di Atterberg con il valore dell'umidità naturale del terreno (Figura 9), appare che quest'ultimo è molto prossimo al limite plastico.

Nel grafico è possibile osservare che il campione prelevato a 9.50 circa mostra un contenuto d'acqua e limiti liquidi molto elevati; il campione è stato prelevato in uno strato torboso dello spessore di circa 1.50m; la presenza della torba è confermata anche dal peso di volume del terreno, pari a circa 12 KN/m³. (Figura 7)

Le restanti determinazioni mostrano che il contenuto d'acqua naturale del terreno è compreso tra il 30 e il 35%; il peso di volume del terreno è compreso tra 18 e 18.50 KN/ m³, il peso del secco è compreso tra 13 e 14 KN/ m³. (Figura 7)

La carta di plasticità di Casagrande (Figura 10) indica materiali limosi argillosi inorganici di media plasticità e compressibilità.

Le determinazioni eseguite nei campioni torbosi appartengono invece all'area 3 – limi inorganici di alta compressibilità e argille organiche.

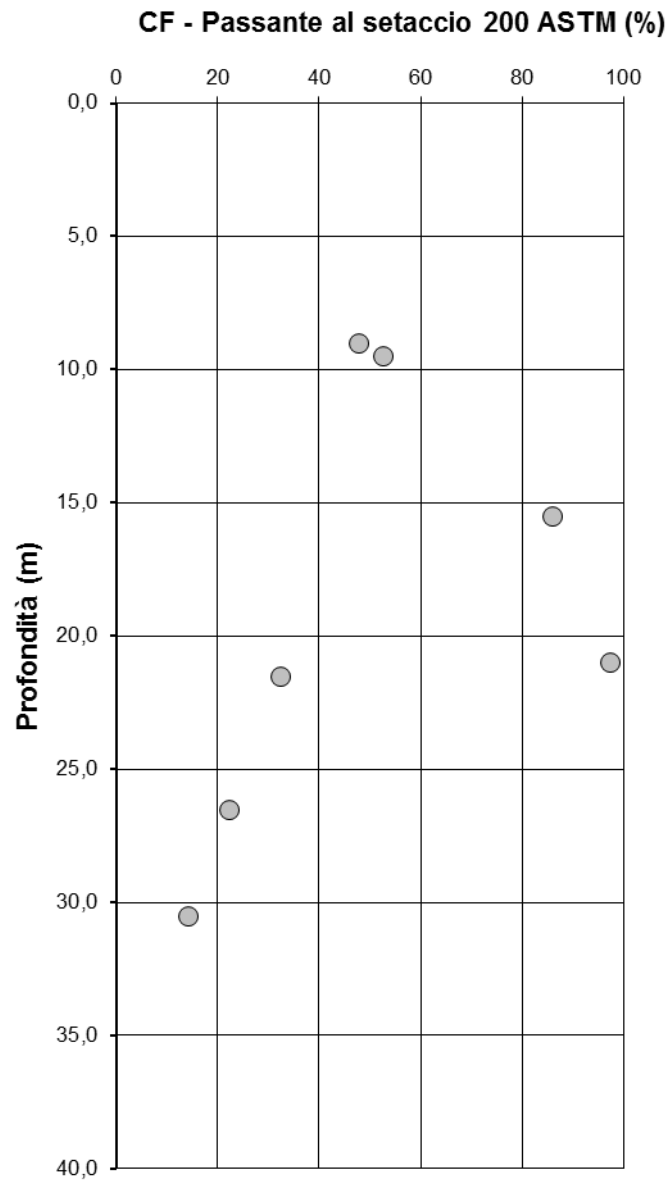


Figura 6 – Passante al Setaccio 200

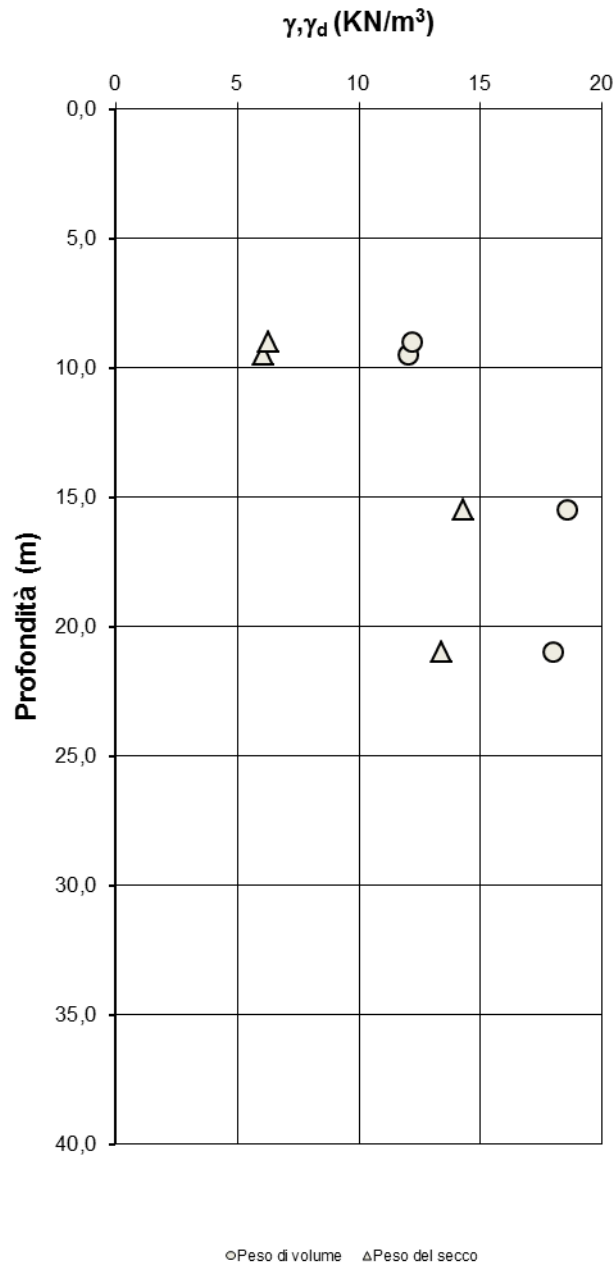


Figura 7 – Peso di volume del secco e peso naturale del terreno

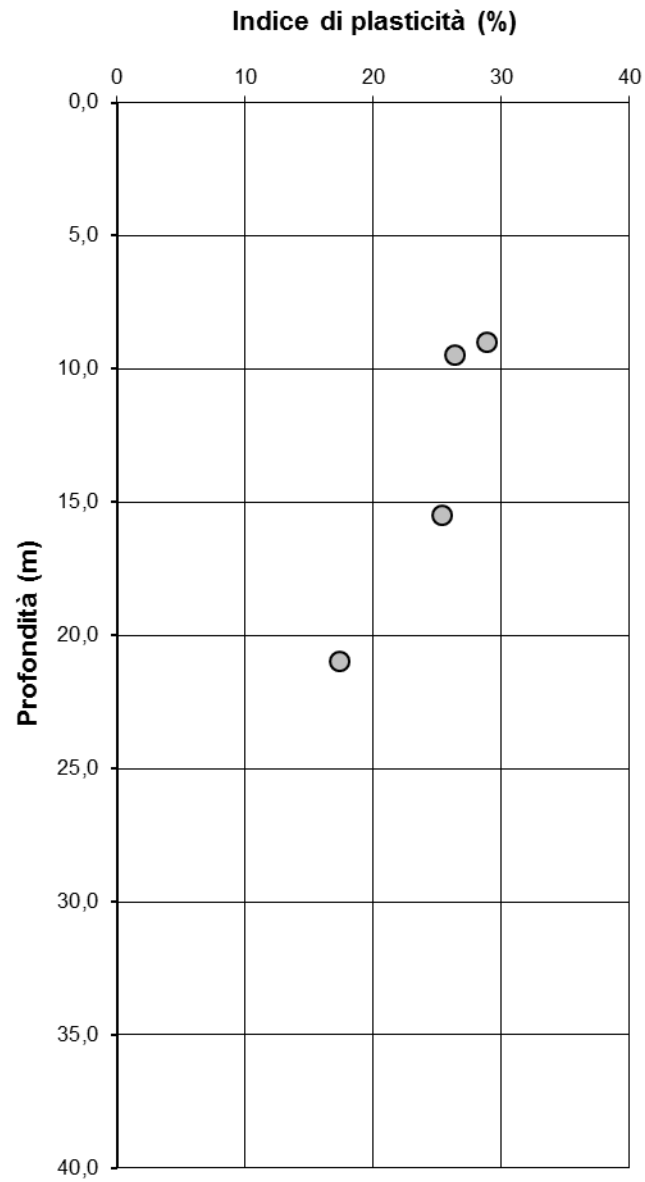


Figura 8 – Indice di plasticità

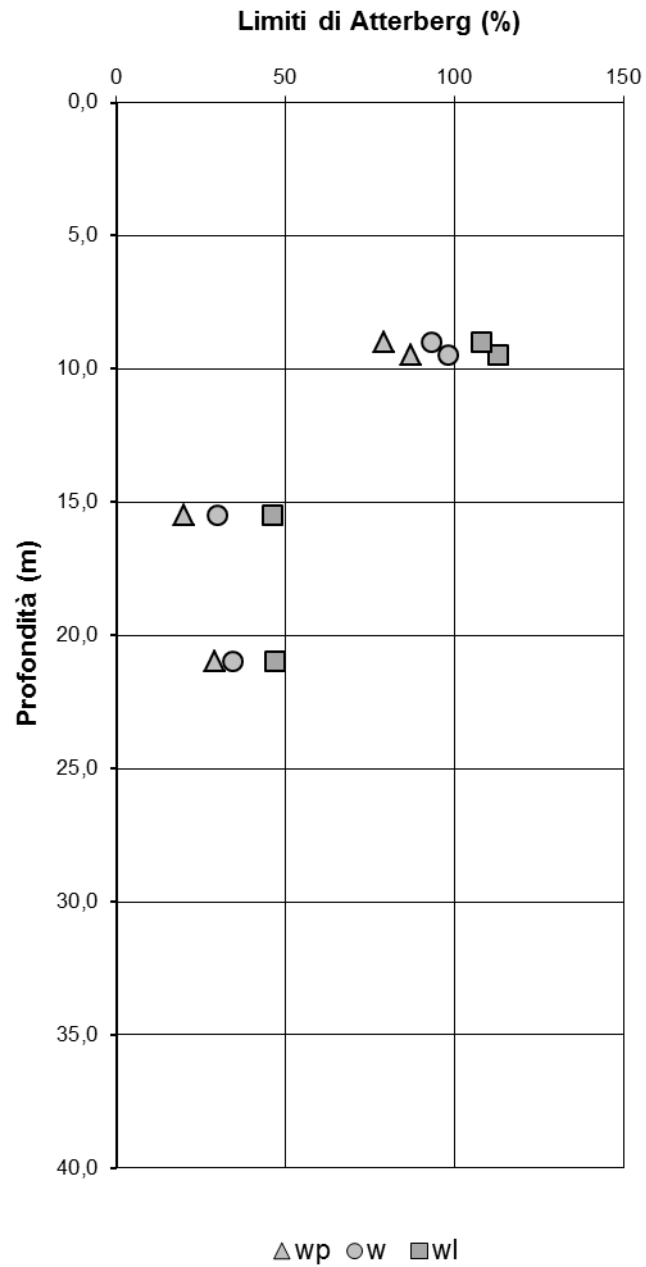
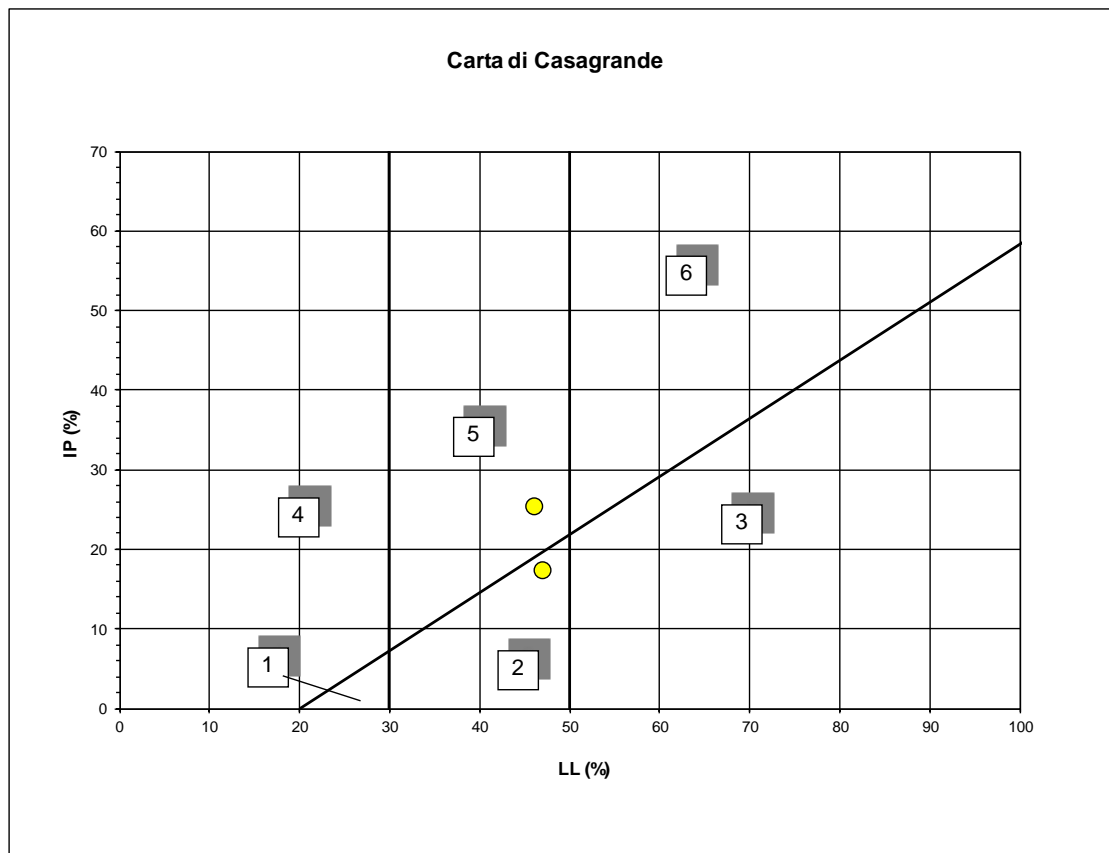


Figura 9 – Limiti di Atterberg



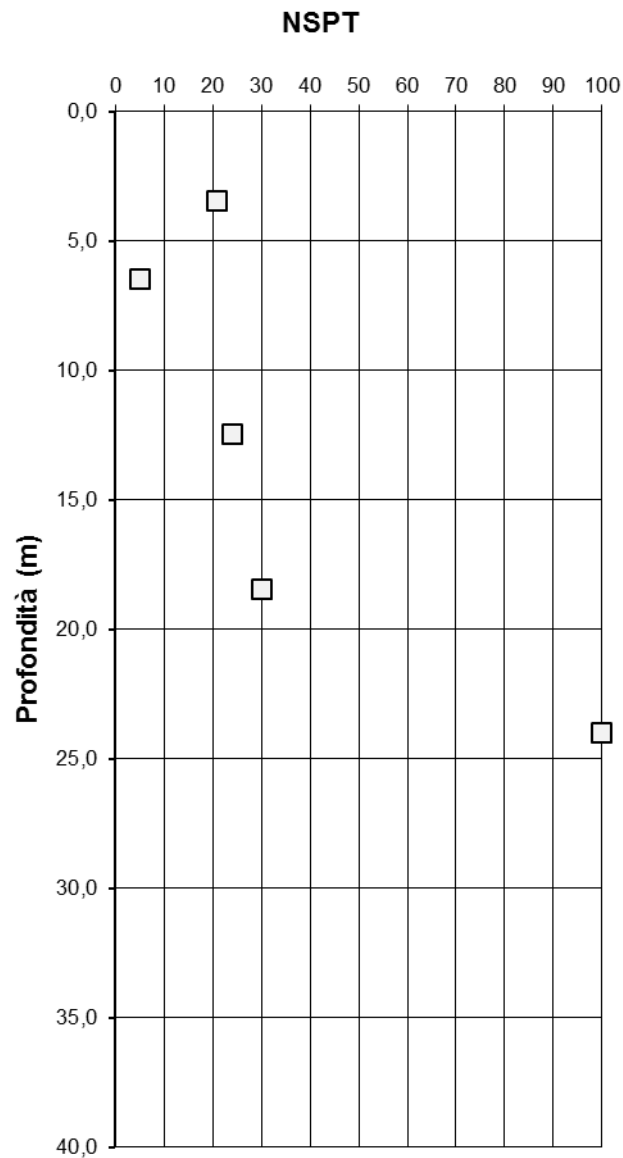
CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

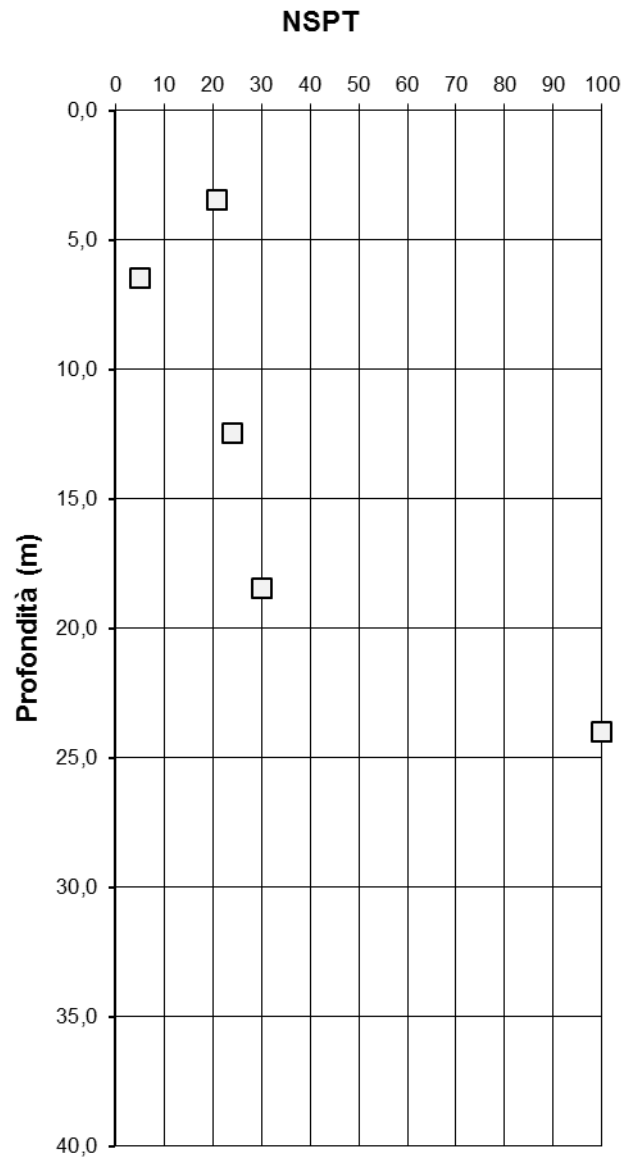
Legenda

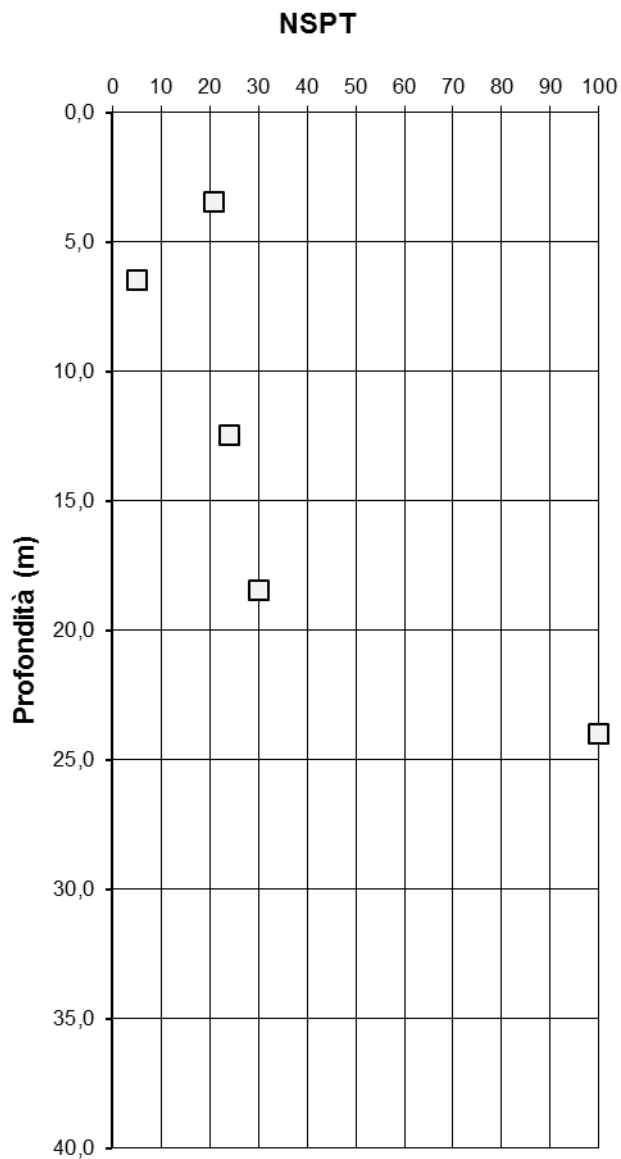
- 1 - Limi organici di bassa compressibilità**
- 2 - Limi inorganici di media compressibilità e limi organici**
- 3 - Limi inorganici di alta compressibilità e argille organiche**
- 4 - Argille inorganiche di bassa plasticità**
- 5 - Argille inorganiche di media plasticità**
- 6 - Argille inorganiche di alta plasticità**

Figura 10 – Carta di plasticità di Casagrande

Le caratteristiche meccaniche del materiale possono essere ricavate sia dalle correlazioni esistenti in letteratura con il numero di colpi registrato nelle prove penetrometriche standard SPT, sia dalle prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati.







Nella

Figura 11 e nella Figura 12 sono riportati rispettivamente il Numero di Colpi Nspt ed il Numero di colpi $(N1)_{60}$ normalizzato.

Si può osservare che fino allo strato di base il valore del numero di colpi aumenta con la profondità; nel substrato è stata eseguita una sola determinazione che ha dato rifiuto.

Le correlazioni tra Nspt e angolo di attrito forniscono valori dell'angolo d'attrito superiori a 40° per i terreni del substrato (Figura 13), mentre i valori più bassi sono riferiti alla parte superficiale del

deposito, e variano tra 30° e 35°.

Le prove di laboratorio eseguite su campioni prevalentemente limoso – argillosi, sono consistite in prove di taglio diretto e prove triassiali del tipo non consolidato – non drenato e consolidato – non drenato.

I risultati delle prove di taglio diretto e le prove triassiali CIU forniscono i seguenti dati:

Per lo strato torboso:

$$c' = 10 \div 25 \text{ KPa}$$

$$\varphi' = 27^\circ \div 32^\circ$$

Per lo strato limoso argilloso:

$$c' = 30 \div 40 \text{ KPa}$$

$$\varphi' = 21^\circ \div 26^\circ$$

Le prove triassiali non consolidate non drenate hanno fornito valori di coesione non drenata C_u variabili tra :

$$C_u = 40 \div 80 \text{ KPa}$$

con i valori più bassi rilevati nello strato torboso.

E' stata eseguita inoltre una prova edometrica nello strato argilloso, dalla quale si ricavano i seguenti parametri:

$$C_c = 0.27 \quad \text{coefficiente di compressibilità}$$

$$C_r = 0.08 \quad \text{coefficiente di scarico – ricarico}$$

$$E_{ed} = 6 \text{ MPa nell'intervallo di tensioni compreso tra 50 e 100 KPa.}$$

La permeabilità del materiale ricavata a livello del campione della prova edometrica è molto basso e pari a circa:

$$K_v = 1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$$

La prova edometrica eseguita nello strato torboso, ha fornito i seguenti i seguenti parametri:

$$C_c = 1.4 \quad \text{coefficiente di compressibilità (molto elevato)}$$

$$C_r = 0.21 \quad \text{coefficiente di scarico – ricarico (molto elevato)}$$

$$E_{ed} = 6 \text{ MPa nell'intervallo di tensioni compreso tra 50 e 100 KPa.}$$

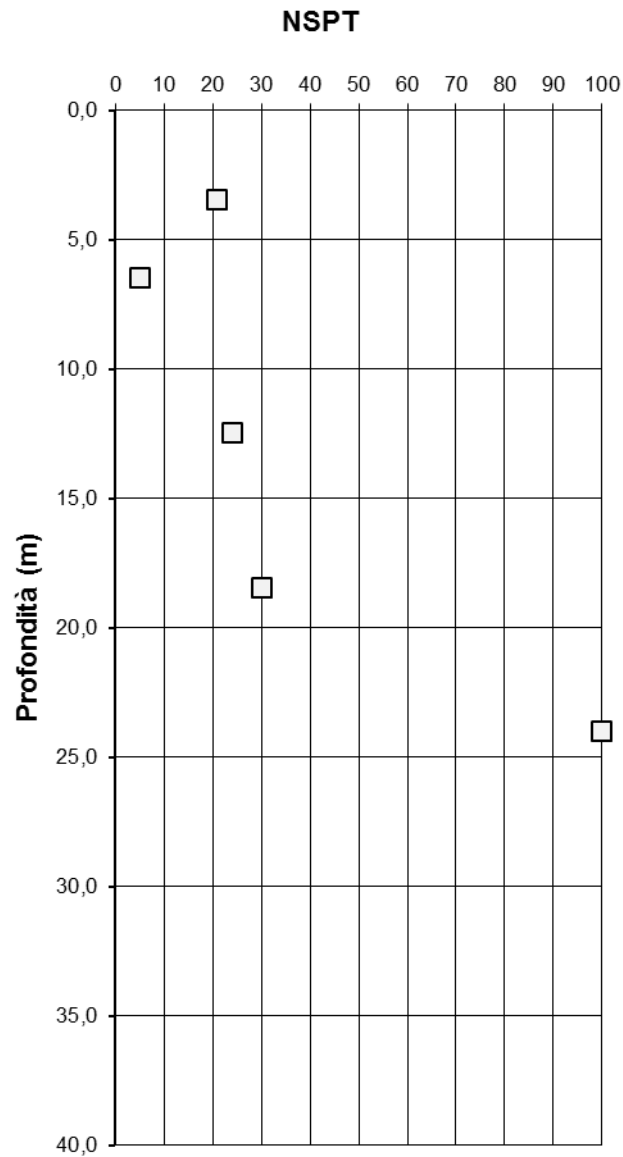


Figura 11 – Numero di colpi Nspt misurati nei fori di sondaggio.

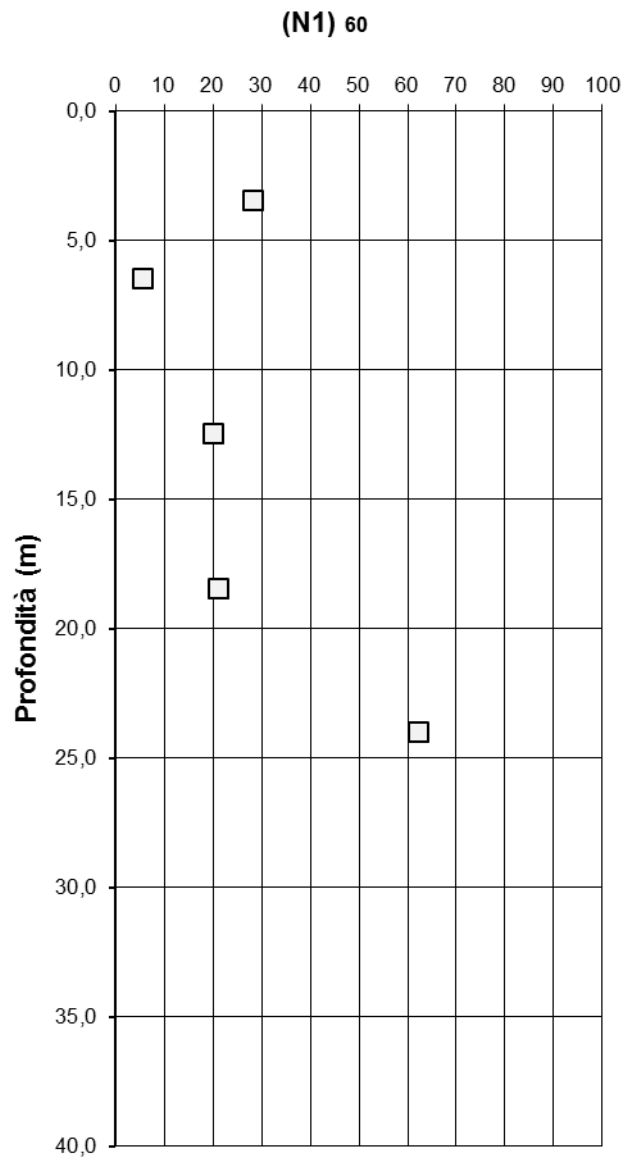


Figura 12 – Numero di colpi (N1)₆₀ misurati nei fori di sondaggio.

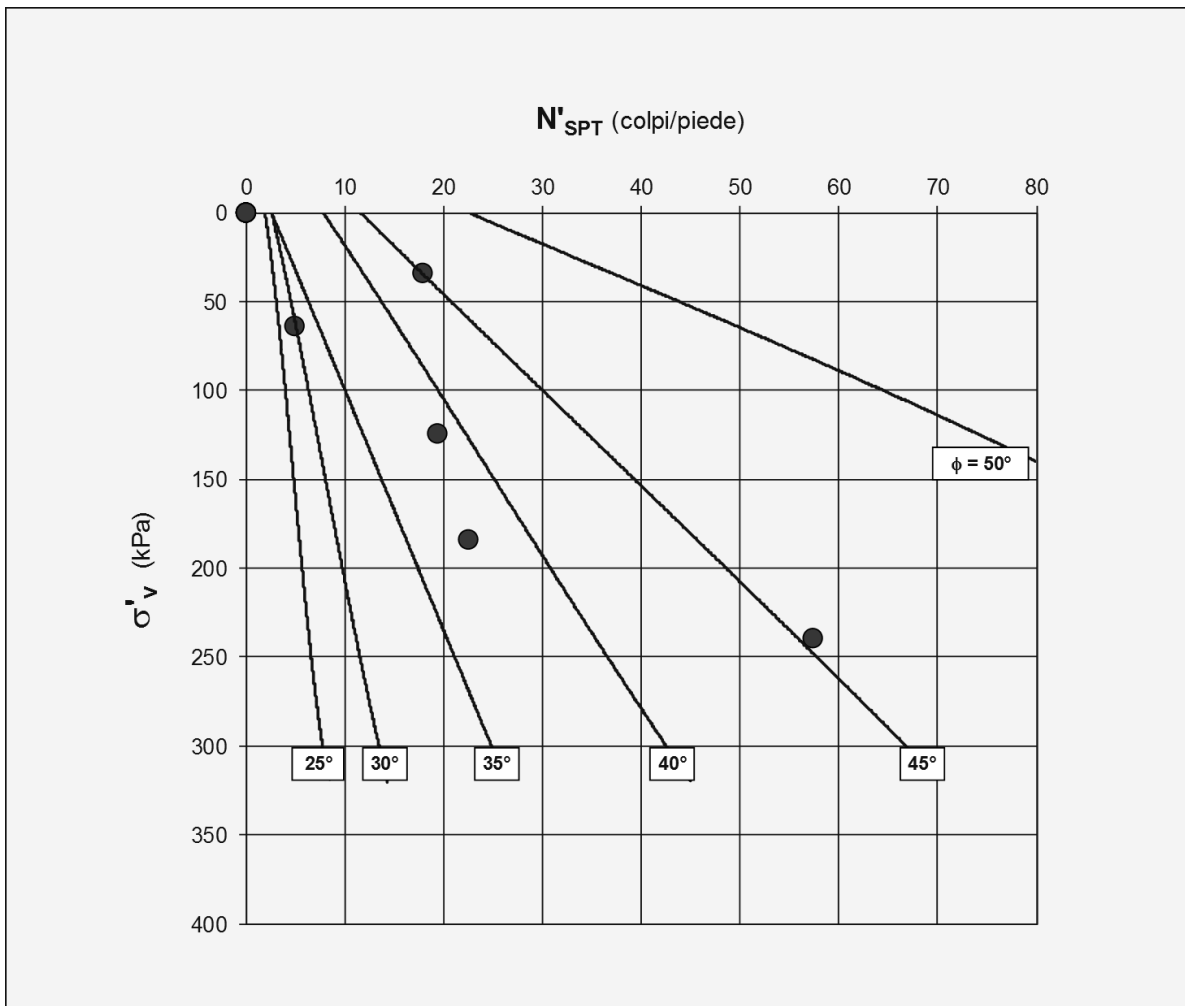


Figura 13 – Angoli di attrito da prove NSPT – Materiali sabbiosi

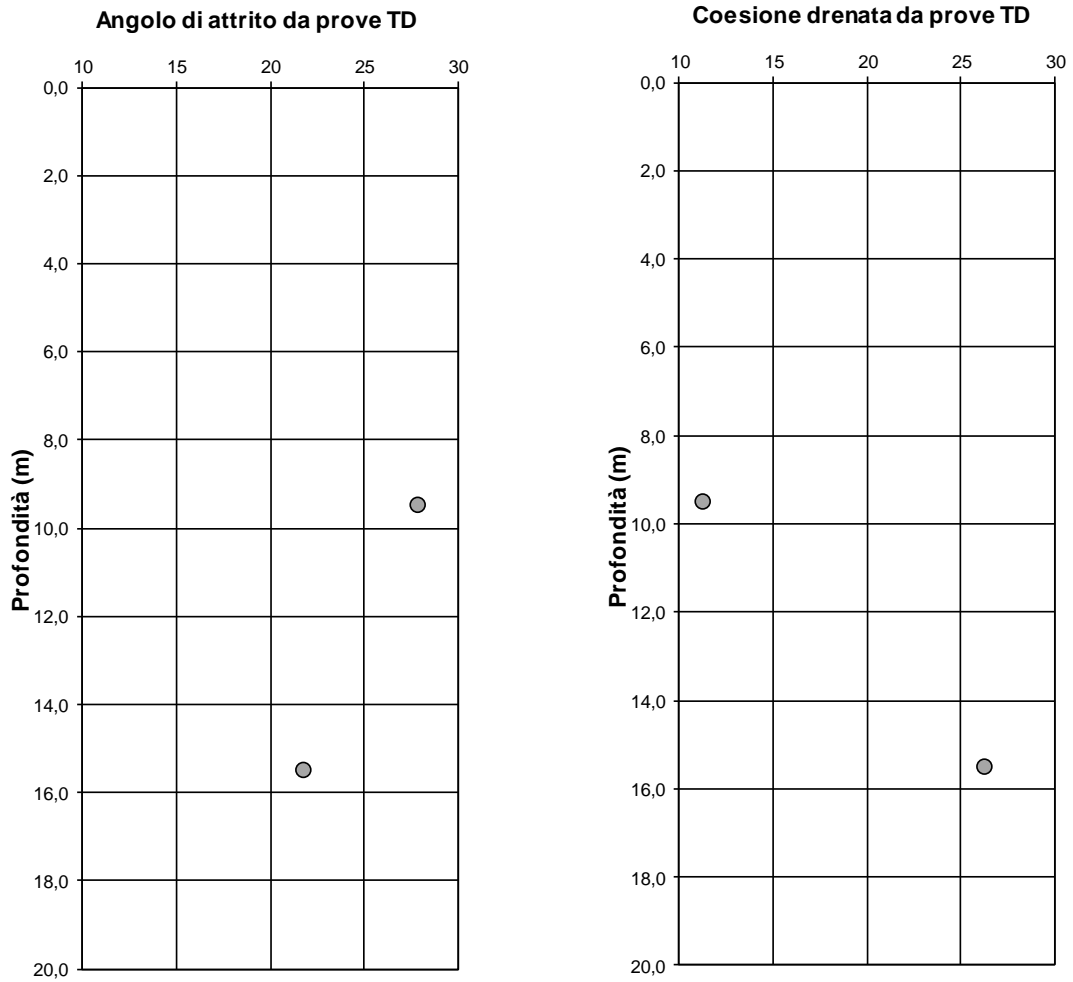


Figura 14 – Angolo di attrito e coesione da Taglio Diretto – Materiali limosi argillosi.

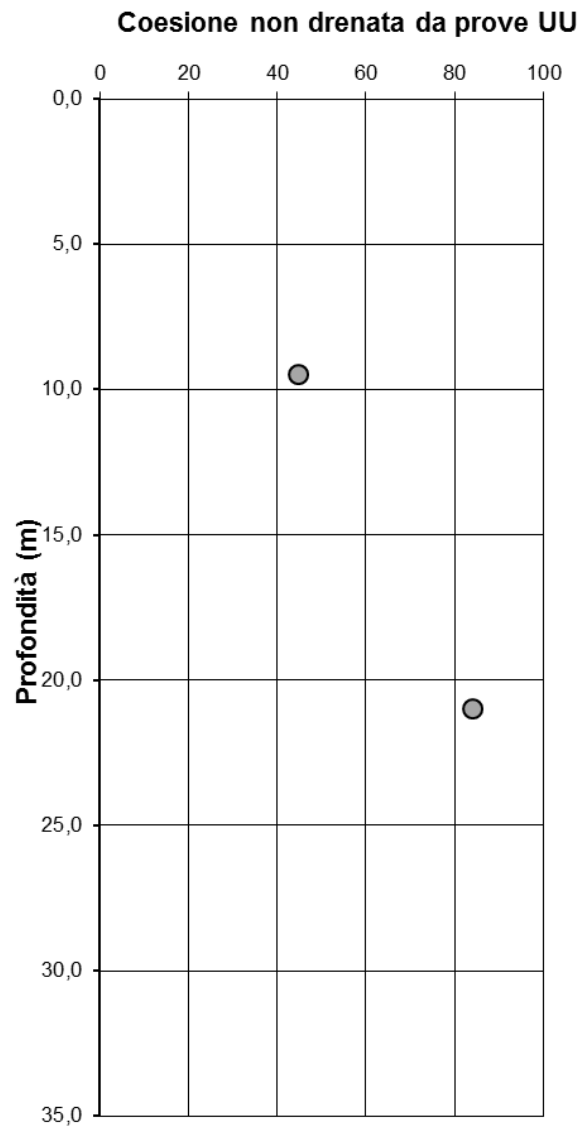


Figura 15 – Coesione non drenata da prove UU – Materiali limosi argillosi.

Si segnala che nelle successive fasi di progettazione dell'adeguamento sismico del viadotto dovranno essere svolte le analisi per accertare il coefficiente di sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione. Al riguardo si riporta nel seguito lo stralcio del paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC, nel quale sono descritte le circostanze che escludono la verifica a liquefazione dei terreni:

7.11.3.4.2 *Esclusione della verifica a liquefazione*

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Per il sito in oggetto le prime 4 condizioni non sono verificate; per la condizione 5 si verifica in particolare che alcuni dei fusi granulometrici dei campioni prelevati nei sondaggi ricadono all'interno dei fusi che le NTC 2008 indicano per i terreni suscettibili di fenomeni di liquefazione (Figura 5). Inoltre i valori di $(N_1)_{60}$ risultano frequentemente inferiori a 30 (Figura 12).

4 BIBLIOGRAFIA

- 1) Centamore E., Crescenti U., Dramis F. (2006): Note illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000, Foglio 359, L'Aquila. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- 2) Gruppo di lavoro MS-AQ (2010). Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana. Regione Abruzzo – Dipartimento della protezione civile, L'aquila, 3 vol.E Cd Rom.