

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PRODUZIONE SUD ED ISOLE

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b)DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI – COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

GEOTECNICA

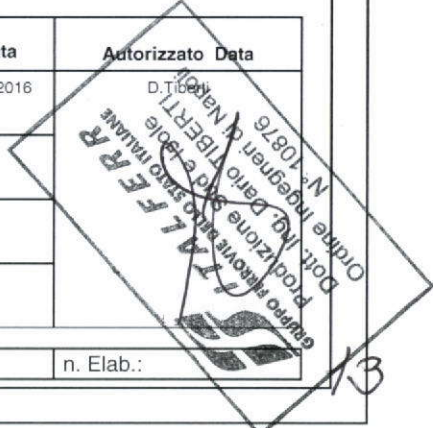
RELAZIONE GEOTECNICA

SCALA:

-
---

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
N7D2	01	D	78	RH	GE0000	001	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	A.INGLETTI	Apr. 2016	D.Caputo	Apr. 2016	M. D'avino	Apr. 2016	D. Tiberi	



File: N7D201D78RHGE0000001A.doc

Stampato dal Service  
 di plottaggio ITALFERR S.p.A.  
 ALBA s.r.l.

n. Elab.:

13

## INDICE

1	PREMESSA .....	5
2	NORMATIVE E BIBLIOGRAFIA.....	7
2.1	NORME.....	7
2.2	BIBLIOGRAFIA.....	7
2.3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	9
4	INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE.....	12
4.1	CAMPAGNA DI INDAGINI 2004.....	12
4.2	INDAGINI ITAFERR 2008 (VIABILITÀ AFRAGOLA).....	15
4.3	INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA VARIANTE CANCELLO (ITAFERR 2013 - 2015).....	17
4.3.1	<i>Stratigrafia dei sondaggi e rilievo della falda</i> .....	17
4.3.2	<i>Pozzetti esplorativi</i> .....	19
4.3.3	<i>Indagini sismiche</i> .....	22
4.3.4	<i>Prove di laboratorio</i> .....	23
4.4	INDAGINI GEOGNOSTICHE PER IL PD DELLA VIABILITÀ AFRAGOLA (ITAFERR 2015).....	25
4.4.1	<i>Stratigrafia dei sondaggi</i> .....	26
4.4.2	<i>Pozzetti esplorativi</i> .....	27
4.4.3	<i>Prova penetrometrica dinamica</i> .....	29
4.4.4	<i>Prova Down Hole</i> .....	31
4.4.5	<i>Prove di laboratorio</i> .....	33
5	CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	34
5.1	INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI IN SITO .....	34
5.1.1	<i>Terreni granulari</i> .....	35
5.1.2	<i>Terreni coesivi</i> .....	39

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	3 di 81

5.2	INTERPRETAZIONE DEI DATI DI LABORATORIO .....	40
5.3	CARATTERISTICHE DELLA FALDA.....	40
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI .....	41
6.1	UNITÀ R .....	42
6.2	UNITÀ DI.....	42
6.2.1	<i>Caratteristiche granulometriche</i> .....	47
6.2.2	<i>Caratteristiche fisiche e indici di consistenza</i> .....	47
6.2.3	<i>Resistenza al taglio</i> .....	48
6.2.4	<i>Deformabilità</i> .....	50
6.2.5	<i>Permeabilità</i> .....	52
6.3	UNITÀ PO .....	53
6.3.1	<i>Caratteristiche granulometriche</i> .....	56
6.3.2	<i>Caratteristiche fisiche e indici di consistenza</i> .....	57
6.3.3	<i>Resistenza al taglio</i> .....	57
6.3.4	<i>Deformabilità</i> .....	59
6.3.5	<i>Permeabilità</i> .....	60
6.4	UNITÀ TL-UNITÀ TS.....	61
6.4.1	<i>Resistenza al taglio</i> .....	62
6.4.2	<i>Deformabilità</i> .....	63
6.5	UNITÀ PB .....	64
7	STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO.....	65
8	PIANO DI POSA .....	70
9	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA .....	71
9.1	FONDAZIONI SUPERFICIALI.....	71
9.2	MURI.....	74



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	4 di 81

9.3	VERIFICHE DI STABILITA' DELLE SCARPATE .....	75
9.4	PALLI.....	77
9.5	PARATIE .....	80



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	5 di 81

## 1 PREMESSA

La presente relazione si propone di illustrare le analisi e le conclusioni dello studio geotecnico riguardante il Progetto Definitivo della viabilità di accesso alla Nuova Stazione AV di Afragola.

Il Progetto della viabilità di accesso alla nuova stazione AV Napoli - Afragola rientra nel complesso degli interventi di organizzazione e riqualificazione dell'area situata a nord-est del territorio comunale. Nell'intorno dell'area di studio sono altresì previsti altri interventi come il progetto della variante alla linea ferroviaria Cancellone - Napoli oggetto di altro appalto e la stazione AV di Afragola in fase di realizzazione. Con la nuova opera si verrà a costituire un nodo che, grazie alla vicinanza dello svincolo Afragola (che connette l'Asse Mediano all'Autostrada A1 Roma-Napoli), renderà facilmente raggiungibile la nuova stazione da ogni direzione.

Il progetto consiste, sostanzialmente, nella realizzazione di uno snodo viario in grado di creare un collegamento diretto tra la nuova stazione ferroviaria e l'Asse Mediano, che costituisce un'arteria fondamentale nel sistema tangenziale della città di Napoli e nel miglioramento dell'accessibilità al Centro Commerciale "Le Porte di Napoli".

Gli interventi consistono essenzialmente in:

- viale principale intermodale (corridoio percorribile sia da auto che da pedoni e ciclisti) detto Ramo 5, parallelo all'asse Mediano lato sud, di connessione tra lo Svincolo di Acerra e il grande anello di circonvoluzione della stazione AV di Afragola;
- due rampe di cucitura tra l'asse mediano e la nuova viabilità; Ramo 12 di entrata e Ramo 13 di uscita, che si innestano su un asse di interconnessione, detto Ramo 14, che sfrutta un sottopasso esistente predisposto a suo tempo sotto l'asse mediano. I nodi sono risolti tramite la rotatoria 2 lato nord e la Rotatoria 3 lato sud, appartenente all'asse del Ramo 5;

Il documento descrive le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle diverse viabilità; i risultati delle indagini geognostiche e delle prove di laboratorio, eseguite nel corso delle diverse campagne geognostiche, unitamente all'esame dei documenti disponibili nella letteratura tecnica, hanno consentito la ricostruzione di modelli geotecnici sufficientemente affidabili delle formazioni interessate dalla realizzazione delle opere.

Nello specifico per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle diverse opere si è fatto riferimento alle seguenti campagne di indagini:

- indagini geognostiche eseguite da RFI nel 2004 per la Stazione AV di Afragola;
- indagini eseguite da Italferr nel 2008 per altri tratti di viabilità;
- indagini geognostiche eseguite da Italferr nel 2014 e 2015 per il Progetto definitivo della Variante Cancellone sulla tratta ferroviaria Napoli - Bari;
- indagini geognostiche eseguite da Italferr nel 2015 per il progetto definitivo della viabilità di accesso alla stazione di Afragola (progetto in esame).



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	6 di 81

I risultati ottenuti dalle campagne di indagini sono state integrate con quanto noto sulle caratteristiche geologico-strutturali, geologico stratigrafiche e vulcanologiche di questo settore della Piana Campana desunte dalla Carta Geologica d'Italia (Foglio 184 - Napoli, scala 1:100.000).

Nei capitoli successivi, dopo aver riportato un breve inquadramento geologico e geomorfologico dell'area, ed una sintetica descrizione delle indagini realizzate dal 2004 al 2015, viene riportata la parte più specialistica in cui è illustrata la caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti nel sito in esame, basata sullo studio dei dati stratigrafici e litologico-tecnici a disposizione nonché sulle risultanze delle prove geotecniche eseguite in sito, e sulle risultanze delle determinazioni di laboratorio.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	7 di 81

## 2 NORMATIVE E BIBLIOGRAFIA

La presente relazione è stata redatta in conformità alla seguente norme e riferimenti bibliografici.

### 2.1 Norme

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- DM 6/5/2008 – Integrazione al D.M. 14-01-2008 di approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Specifica RFI del 21/12/11 per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- 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;

### 2.2 Bibliografia

- F. CESTARI, prove geotecniche in situ, geo-graph s.n.c. (1996)
- Relazione tra angolo di attrito  $\phi'$  delle sabbie e valori di  $N_{spt}$  tenendo conto dell'influenza del peso del terreno sovrastante  $\sigma'_{vo}$  (De Mello, 1971).
- ASTM D.1586-84. Standard Method for Penetration Test and split-barrel sampling of soils.
- ISSMFE tech. Committee (1985-1988) Standard Penetration Test (SPT); International Reference Test Procedure. ISOPT-1, Orlando, USA
- LANCELLOTTA R. (1991), "Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- LANCELLOTTA R. (2011), "Progettazione geotecnica secondo l'Eurocodice 7 (UNI EN 1997) e le Norme Tecniche per le costruzioni (NTC 2008) Geotecnica" – Hoepli
- VIGGIANI (1999), "Fondazioni" – Hevelius Edizioni.
- BOWLES J. E. (1988), "Foundatio Analysis and Design" – McGraw-Hill.
- KULHAWY F.H., MAYNE P.W. (1990): Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design. EL-6800 Research Project 1493-6 Final Report, August 1990. Cornell University - Geotechnical Engineering Group Hollister Hall Ithaca, New York 14853-3501.
- TOTANI G.. (1984), Prove di laboratorio – Corsi di aggiornamento in ingegneria geotecnica, L'Aquila.
- AGI (1983), Parametri di progetto da prove in situ – Conferenze di geotecnica, Torino
- POULOS G., DAVIS H. (1980): Pile Foundation Analysis and Design – WIE

### 2.3 Documenti di riferimento

- N7D201D69RGGE0001001A – Progetto definitivo. Viabilità Afragola lettera b). Relazione geologica, geomorfologica e sismica. Aprile 2016.
- N7D201D69IGGE0005001A – Progetto definitivo. Viabilità Afragola lettera b). Indagini sismiche. Aprile 2016.
- N7D201D69PRGE0001001A – Progetto definitivo. Viabilità Afragola lettera b). Prove di laboratorio geotecnico. Aprile 2016.
- N7D201D69SGGE0001001A – Progetto definitivo. Viabilità Afragola lettera b). Indagini geognostiche e prove in situ. Aprile 2016.
- D2\_AL1\_RG\_07.04.05 – Progetto della nuova stazione ferroviaria Napoli-Afragola sulla linea Alta Velocità Roma-Napoli. Indagine geognostica e idrologica. Luglio 2004.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	8 di 81

- IF0E00D69RHGE0002001A - Progetto Definitivo. Itinerario Napoli-Bari Variante Linea Cannello-Napoli. Monitoraggio piezometrico 2014-2015 prima e seconda fase. Ottobre 2015.
- IF0E00D69RHGE0002002A - Progetto Definitivo. Itinerario Napoli-Bari Variante Linea Cannello-Napoli. Monitoraggio piezometrico 2014-2015. Ottobre 2015.
- IF3400D69SGGE0001002A - Progetto Definitivo. Itinerario Napoli-Bari Variante Linea Cannello-Napoli. Indagini geognostiche e prove in situ (2° fase).
- IF3400D69IGGE0001002A - Progetto Definitivo. Itinerario Napoli-Bari Variante Linea Cannello-Napoli. Indagini geofisiche (2° fase).
- IF3400D69PRGE0005001A - Progetto Definitivo. Itinerario Napoli-Bari Variante Linea Cannello-Napoli. Prove di laboratorio geotecnico (2° fase).
- IF0E00D69SGGE0001001A - Progetto Definitivo. Itinerario Napoli-Bari Variante Linea Cannello-Napoli. Indagini geognostiche e prove in situ. Dicembre 2014. (3° fase).
- IF0E00D69PEGE0001001A - Progetto Definitivo. Itinerario Napoli-Bari Variante Linea Cannello-Napoli. Prove di laboratorio geotecnico. (3° fase).
- IF0E00D69SGGE0001003A - Progetto Definitivo. Itinerario Napoli-Bari Variante Linea Cannello-Napoli. Indagini geognostiche e prove in situ 4° fase. Aprile 2015.
- IF0E00D69PRGE0001002A - Progetto Definitivo. Itinerario Napoli-Bari Variante Linea Cannello-Napoli. Prove di laboratorio 3° e 4° fase.
- IF0E00D78F6GE0005004-5A - Progetto Definitivo. Itinerario Napoli-Bari Variante Linea Cannello-Napoli. Profilo longitudinale geotecnico Tav. 4 e Tav.5. Luglio 2015.
- IF0E00D78RHGE0005001A - Progetto Definitivo. Itinerario Napoli-Bari Variante Linea Cannello-Napoli. Relazione geotecnica. Luglio 2015.





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	9 di 81

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il settore, nel cui ambito si trovano le aree oggetto del presente studio, fa parte di un territorio pianeggiante ricadente nel margine meridionale della Piana campana, i cui limiti morfologici sono segnati, a O-SO dalla costa tirrenica, dal Monte Massico a NO, i monti di Caserta a NE ed il Vesuvio a S.

L'intera piana accoglie potenti spessori di depositi vulcano-sedimentari: questi sono addossati, a nord e ad est, ai versanti carbonatici e presentano, a ridosso degli edifici vulcanici, banchi di lava intercalati.

Si tratta di un settore in cui, come è noto, in epoca storica, e specie durante il Quaternario recente, si sono avuti importanti fenomeni vulcanici che hanno contribuito sensibilmente a definire l'assetto morfologico attuale della regione.

In particolare, l'area oggetto di studio è stata particolarmente interessata dalle diverse e ripetute fasi di attività dell'Apparato vulcanico dei Campi Flegrei e dell'Apparato del Somma-Vesuvio, le cui attuali pendici distano pochi chilometri a sud dall'area interessata.

La parte più superficiale del sottosuolo del territorio oggetto del presente studio, comprende infatti prodotti dell'attività recente e storica dei Campi Flegrei che può essere così classificata dal basso verso l'alto:

- Prodotti piroclastici alla base dei tufi (sabbie vulcaniche, pozzolane e scorie laviche);
- Prodotti del 1° periodo flegreo (Ignimbrite Campana e tufi giallo-rossastri);
- Prodotti del 2° periodo flegreo (tufo giallo napoletano e pozzolane);
- Prodotti del 3° periodo flegreo (pomici, lapilli, pozzolane e cenerei).

In generale i terreni che caratterizzano il sottosuolo di questo settore dell'area campana sono riferibili ai vari periodi dell'attività dei Campi Flegrei secondo la seguente successione stratigrafica:

- da 0 a 15,00 metri circa prodotti vulcanici del 3° periodo flegreo rappresentati da alternanza di pozzolane sabbiose, pomici e lapilli. Le caratteristiche tecniche variano notevolmente in senso verticale.
- da 15,00 metri circa tufo giallo napoletano in facies lapidea e pozzolanica costituito da una sequenza di livelli contenenti pomici trachitiche, frammenti di ossidiana e litici di diversa natura in una matrice cineritica vetrosa con abbondanti zeoliti e minerali argillosi. La tessitura è generalmente caotica; localmente sono presenti laminazioni piano-parallele o incrociate legate alle modalità di messa in posto per flusso della formazione stessa. Sotto il profilo granulometrico questa formazione si presenta sotto forma di alternanze di livelli limoso-sabbiosi da poco a mediamente cementati con locali lenti di materiali limosi; è presente una frazione ghiaiosa da pomici e piccoli inclusi di prevalente origine vulcanica.

Al tetto della formazione sono frequenti episodi di rimaneggiamento. Gli spessori del "Tufo napoletano" sono molto variabili per la presenza di paleomorfologie al letto dello stesso; nell'area in esame essi assumono valori variabili tra 7,00 e 14,00 metri.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	10 di 81

- La base della successione appena descritta è rappresentata dalla formazione della "Ignimbrite Campana" costituita da ceneri, breccie con livelli limo-argillosi a letto.
- Al di sotto delle piroclastici coerenti o litoidi dell' Ignimbrite Campana si rinvengono, fino a profondità di 35.00-40.00 metri, depositi piroclastici a prevalente granulometria sabbiosa-ghiaiosa, rappresentati da livelli di pozzolane ricchi in scorie laviche, pomici e lapilli.

Per quanto riguarda le caratteristiche geologiche dell'area interessata dalla viabilità in progetto, dallo studio e interpretazione dei dati relativi alle indagini geognostiche, integrati con i dati di letteratura, si è potuto ricostruire con un certo dettaglio l'assetto stratigrafico del sottosuolo.

L'intera zona ricade all'interno della porzione nord-orientale della Piana Campana, colmata, durante il Pleistocene superiore e per tutto l'Olocene, da potenti spessori di depositi piroclastici riconducibili, in una prima fase, all'attività degli Apparati dei Campi Flegrei e, successivamente, a quella del Somma - Vesuvio.

Nello stralcio della carta geologica allegato (tratto dalla Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 Foglio 184 - Napoli) i rami di viabilità in progetto ricadono all'interno della formazione affiorante di materiali piroclastici costituiti da pozzolane con intercalazioni di ceneri e lapilli.

Questi ultimi sono essenzialmente rappresentati da piroclastiti rimaneggiate, prevalentemente sciolte e di varia granulometria, a cui possono intercalarsi o sovrapporsi sottili lenti di sabbia con limo e argilla riconducibili a depositi fluviali e/o terreni di origine antropica.

Al di sotto delle piroclastiti sciolte si incontra il tufo giallo napoletano, cioè una "bancata" di roccia piroclastica litoide e tenace avente spessori nella zona in studio variabili tra 13 e 21 metri.

Al di sotto del tufo litoide si incontrano di nuovo le piroclastiti sciolte da una profondità di 28-29 metri e fino a fondo foro. Questi terreni sono pozzolane di colore grigio scuro tendente al nero, ricche di scorie laviche e pomici con diametro massimo di 2,0cm. Talvolta sono presenti lenti di materiale leggermente più coesivo consistente in limo sabbioso passante a ghiaia con sabbia.

Dal punto di vista geomorfologico l'area è caratterizzata da modestissime pendenze, con quote variabili tra 20 e 30 metri circa sul livello medio mare. La morfologia è alquanto regolare e priva di rilevanti asperità. L'antropizzazione più o meno recente dell'area ha senz'altro contribuito alla sua modellazione, che non è interessata da fenomeni morfo-evolutivi in atto o potenziali.

L'acquifero principale della piana a NE di Napoli è rappresentato dal forte spessore di piroclastiti, sciolte ed a granulometria prevalentemente medio-grossolana, presenti alla base dell'Ignimbrite Campana. Esso è in effetti parte di un ben più esteso acquifero riconosciuto in tutta la Piana Campana .

Il tetto dell'acquifero è costituito quasi ovunque dalle facies tufacee dell'Ignimbrite Campana; tale materiale in ragione della potenza e del grado di diagenesi, agisce da semipermeabile o come elemento di netto confinamento.

Al di sopra è presente uno spessore di piroclastiti sciolte che possono essere sede di falda, si tratta in ogni caso di corpi idrici di scarsa potenzialità che trovano recapito ultimo nella rete idrografica superficiale e per i quali



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	11 di 81

mancono determinazioni piezometriche sistematiche. Per essi è pertanto assai difficile definire il verso e l'entità di eventuali flussi di drenaggio attraverso il banco tufaceo.

Per quanto riguarda la struttura dell'acquifero, si deve sottolineare che essa risulta piuttosto articolata: i materiali piroclastici che lo costituiscono presentano infatti continue variazioni granulometriche in senso areale e lungo le verticali. Appare pertanto difficile che si possano individuare livelli di scarsa permeabilità sufficientemente continui da frazionare l'acquifero in più strati distinti. La falda tende pertanto a digitarsi in più livelli, corrispondenti ai materiali grossolani e variamente interconnessi, ma conservando sempre carattere di unicità.

Il banco di tufo rappresentato dall'Ignimbrite Campana, laddove il suo letto trovasi a quote inferiori a quella della piezometrica, può esercitare o meno una funzione di semiconfinamento a seconda dell'entità dello spessore e delle sue caratteristiche fisiche (grado di lapidificazione, assortimento granulometrico, presenza di banchi di scorie laviche, a cui compete, di fatto, un grado di permeabilità più elevato).

Tenuto conto di quanto precedentemente descritto, sembra probabile considerare l'assetto idrogeologico dell'area in esame contraddistinto da una falda principale, almeno in parte, in pressione, contenuta nei depositi piroclastici sciolti presenti al di sotto del banco di tufo (Ignimbrite Campana), le cui acque tendono tuttavia a confondersi, per fenomeni di drenanza e/o a causa dell'assenza del tufo in alcune aree, con quelle di una falda idrica superficiale contenuta nei depositi piroclastici superiori, essenzialmente alimentata dalle precipitazioni meteoriche e in parte drenata dai Regi Lagni.

Con riferimento alla zona oggetto di studio, i dati piezometrici ricavati dalle misure eseguite in alcuni piezometri installati durante la campagna di indagini geognostiche, evidenziano una superficie piezometrica posizionata a circa 6,0 metri rispetto al p.c. In particolare, i dati desunti dalle indagini geognostiche (RFI, 2004; Italferr 2014 e 2015) indicano una soggiacenza di 5,50m (+20.00m s.l.m.m) misurata nel piezometro presente in S1 e riscontrata anche nel sondaggio S20 del PD Variante Cancellò.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI – COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	12 di 81

#### 4 INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle opere in progetto si è fatto riferimento alle seguenti campagne di indagini:

- indagini geognostiche eseguite da RFI nel 2004 per la Stazione AV di Afragola;
- indagini eseguite da Italferr nel 2008 per altri tratti di viabilità;
- indagini geognostiche eseguite da Italferr nel 2014 e 2015 per il Progetto definitivo della Variante Cannello sulla tratta ferroviaria Napoli – Bari;
- indagini geognostiche eseguite da Italferr nel 2015 per il progetto definitivo della viabilità di accesso alla stazione di Afragola ( progetto in esame).

Nel seguito vengono descritti le indagini e le prove eseguite nel corso delle diverse campagne di indagini ed i risultati delle stesse.

##### 4.1 Campagna di indagini 2004

Per il progetto preliminare della viabilità di accesso alla stazione Campania Afragola nel territorio di Afragola, nel 2004 sono stati eseguiti n. 5 sondaggi a carotaggio continuo (BH1, BH2, BH3, BH4 e BH5).

Nel corso delle perforazioni sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche SPT (Standard Penetration Test) al fine di valutare lo stato di addensamento dei terreni di natura prevalentemente granulare. Per il monitoraggio della quota piezometrica della falda, i fori dei sondaggi sono stati attrezzati con piezometri tipo Norton (tubo aperto) interamente finestrati.

Per lo studio della permeabilità dei terreni nel corso dei sondaggi BH1, BH2, BH4, e BH5 sono state eseguite n° 5 prove Lefranc a carico variabile. Sono stati prelevati campioni indisturbati di terreno, tramite campionatore a pressione Shelby, per determinare i parametri geotecnici del terreno. Le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni incontrati sono riassunte di seguito.

Sulla base dei carotaggi effettuati, la successione stratigrafica significativa del sottosuolo può essere così schematizzata dall'alto verso il basso:

- Terreno agrario, costituito da suoli vegetali di colore marrone scuro, di natura piroclastica ed a matrice limosa, in parte argillificata ed includente rare e minute pomici biancastre e frustoli vegetali. Lo spessore complessivo è risultato compreso tra m.0,50 (BH1) e m. 1,50 (BH5).
- Piroclastiti humificate limo-sabbiose, prevalentemente di colore marrone ma anche marroni, grigiastre, giallastre intervallate da livelli di pomici e lapilli alterati; comprendono due livelli di paleo suolo limo – torboso di colore nerqastro o bruno (mediamente tra 2,0-2,5 m e 4,0-4,6 m) includente resti carboniosi,



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	13 di 81

frustoli vegetali e pomici ossidate. Si rinvencono al di sotto dei terreni precedenti e fino alla profondità compresa tra 3,7 e 4,6 m.

- Piroclastiti-sabbioso-limose rimaneggiate di colore dal marrone chiaro al grigiastro con inclusi pomicei e livelli di pozzolane grigio verdastre fino profondità comprese tra m. 6,00 e m. 8,5 dal piano campagna. Trattasi di vulcaniti rimaneggiate ed alterate dalle acque superficiali, sia in sito, sia rimosse, trasportate e risedimentate. Si differenziano dalle piroclastici in sede sia per una colorazione più marroncina che per una maggior presenza di lapilli e pomici più tondeggianti, classati e mescolati al terreno originario durante il trasporto. Anche la granulometria è mediamente più fine rispetto alle piroclastici in sede.
- Piroclastiti limo-sabbiose in sede, dal tipico colore grigio-verdastro intervallate da sottili livelli pomicei e sabbiosi che conferiscono al deposito il caratteristico aspetto stratificato; si rinvencono fino alla profondità di 16,0 – 17,5 m da p.c. mentre nella verticale di perforazione BH1 la quota di rinvenimento del tufo risale fino a circa 10,5 m da p.c. evidenziando una certa ondulazione del tetto del banco tufaceo, frutto probabilmente di una paleo morfologia preesistente rispetto alla deposizione della nube ignimbratica.
- Tufo giallo, caratterizzato superiormente da una fascia alterata e pseudo coerente di colore marrone-giallastro dello spessore di circa 2,0 – 2,5 metri (cappellaccio)
- Tufo grigio, rappresentato dallo stesso materiale indicato precedentemente, ma dalla originaria e caratteristica colorazione grigia e spesso meno cementato, con numerose scorie e lapilli di colore grigio scuro.

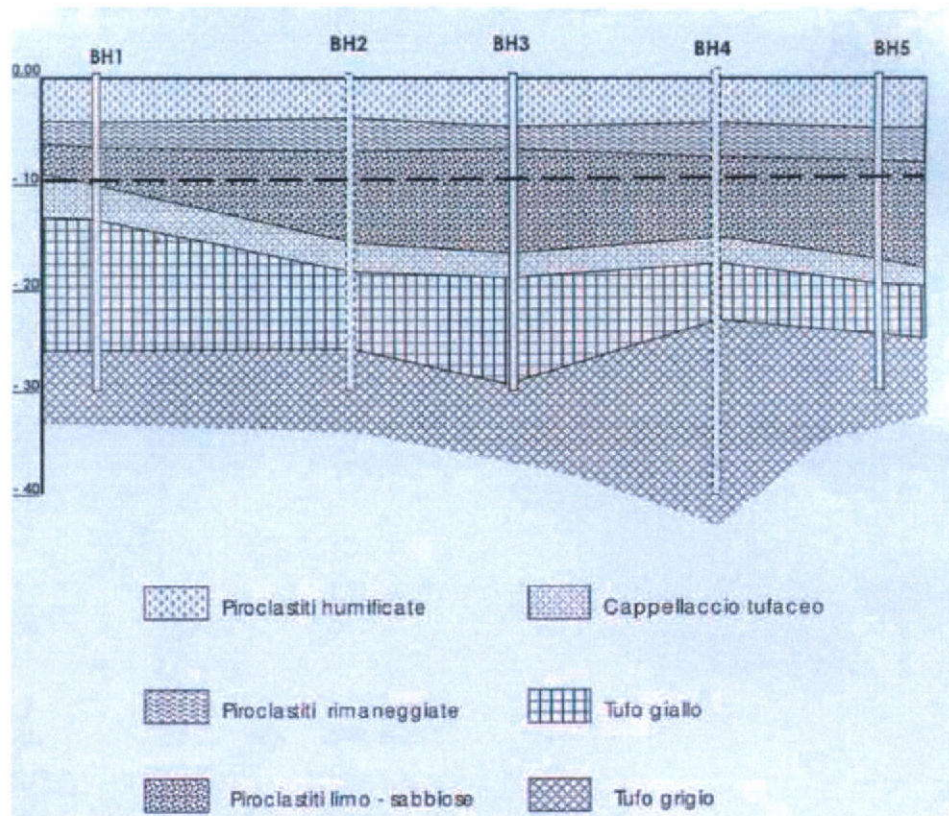


Figura 1 – Profilo stratigrafico indagini 2004

I parametri geotecnici ottenuti dalle prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati nei sondaggi sono riassunti nella tabella riepilogativa seguente:

Tabella 1 – Parametri geotecnici determinati sui campioni indisturbati (RFI, 2004)

STRATO	1	2	3	4
LITOLOGIA	Piroclastiti humificate	Piroclastiti rimaneggiate	Piroclastiti Limo-sabbiose	Tufo
$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.3	1.4	1.6	1.7
$\phi$ (°)	33	35	37	40
c (kPa)	0	0	0	-
E.L.L. (kPa)	-	-	-	3000
Ed (kPa)	6000	8000	10000	>10000
NSPT	6	13	20	R
DR(%)	45	55	60	
K(cm/sec)	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>	



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	15 di 81

#### 4.2 Indagini Italferr 2008 (viabilità Afragola)

Per il progetto preliminare della viabilità di accesso alla stazione Campania Afragola nel 2008 sono stati eseguiti n. 4 sondaggi a carotaggio continuo siglati AD069UN01-02-03-04. Nel corso delle perforazioni sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche SPT (Standard Penetration Test) al fine di valutare lo stato di addensamento dei terreni di natura prevalentemente granulare. Per il monitoraggio della quota piezometrica della falda, i fori dei sondaggi sono stati attrezzati con piezometri tipo Norton (tubo aperto) interamente finestrati.

Le indagini hanno permesso di individuare 2 differenti unità:

##### Unità piroclastica superiore limo-sabbiosa pozzolanacea

Tale Unità comprende i depositi piroclastici rinvenuti fino a profondità di circa 13,0-17,0 metri nei sondaggi AD069UN02-03-04 al di sotto del suolo vegetale. Si tratta essenzialmente di piroclastiti sciolte talvolta con intercalati livelli cineritici, alternati a orizzonti pozzolanacei talora ricchi di pomici.

La granulometria dei materiali risulta conseguentemente variabile dal campo dei limi con sabbia o sabbiosi, da debolmente argillosi ad argillosi, a quello delle sabbie con limo, da debolmente ghiaiose a ghiaiose.

Una valutazione del grado di addensamento del materiale è stata definita sulla base della descrizione dei materiali redatta in fase di indagine geognostica nonchè a seguito di alcuni dati relativi alle prove SPT eseguiti in tali orizzonti stratigrafici.

Con riferimento a quest'ultima, sono stati ottenuti valori del numero di colpi NSPT, pari a circa 10-24 colpi. Sono state utilizzate opportune correlazioni tra il valore di  $N_{spt}$  ed alcuni parametri geotecnici significativi; una relazione tra  $N_{spt}$  e la densità relativa indica generalmente la presenza di litotipi mediamente addensati ( $DR = 35\%-65\%$  - Gibbs and Holtz, 1957).

L'analisi dei risultati forniti dalle prove e l'utilizzo delle correlazioni da bibliografia conducono a valori di angolo di attrito  $\phi'$  pari a circa 30-35° (De Mello).

Le prove di taglio diretto eseguite in laboratorio geotecnico sui campioni prelevati dai sondaggi a carotaggio continuo hanno fornito i seguenti valori dei parametri  $c$  e  $\phi'$ .

Tabella 2 – Parametri geotecnici dei terreni determinati in laboratorio sui campioni indisturbati (Italferr, 2008)

campione	Prof. (m)	Sabbia %	Limo %	Argilla %	W(kN/m3)	c (kPa)	$\Phi$ (°)
AD069UN02-1	4.5 - 5.0	24,94	60,39	14,67	13,02	2,96	36,92
AD069UN02-2	10 - 10.5	8,41	75,96	15,62	15,41		
AD069UN03-1	4.5 - 5.0	36,44	56,25	7,15	13,86	0,43	35,22
AD069UN03-2	9.0 - 9.5	18,09	67,14	13,88	17,55		
AD069UN04-1	4.5 - 5.0	24,23	66,62	9,15	13,65	13,43	30,26
AD069UN04-2	9.5 - 10.0	36,19	54,02	9,62	15,06		



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00.00.001	A	16 di 81

Sulla base delle determinazioni così ottenute sono stati definiti i seguenti parametri geotecnici:

- peso di volume = 13.0 - 17.55 KN/m<sup>3</sup>
- coesione  $c' = 0-13$  kPa
- angolo di attrito  $\Phi' = 30^\circ - 37^\circ$

#### Unità delle piroclastiti vesuviane coerenti o litoidi (tufi litoidi)

Con tale Unità si vogliono indicare le facies da debolmente coerenti a litoidi appartenenti alla formazione dell'Ignimbrite Campana.

Si tratta di depositi piroclastici a granulometria da sabbioso-limosa (facies cineritiche) a sabbioso-ghiaiosa (facies lapilloso-scoriacee), il cui grado di lapidificazione risulta strettamente dipendente dalla tipologia dei processi chimico-fisici che hanno accompagnato la messa in posto dell'Unità in esame.

Da quanto osservato a seguito dell'esame dei logs stratigrafici relativi ai sondaggi geognostici eseguiti, il grado di cementazione risulta molto variabile sia lungo la stessa verticale sia in direzione orizzontale, mostrando spesso una prevalenza delle facies litoidi, poco vacuolari, compatte, massive, e, in altri casi, anche lungo la stessa verticale, evidenziando invece deboli o debolissimi legami di cementazione.

Conseguentemente, i corrispondenti parametri di resistenza al taglio, soprattutto per quel che riguarda la coesione, risultano variabili entro un ampio intervallo. In particolare, la coesione del materiale può assumersi variabile in un range compreso tra pochi kPa e alcune decine di kPa.

Si tratta comunque di materiali contraddistinti da proprietà geotecniche nel complesso buone (tufi litoidi), sia in termini di deformabilità sia di resistenza al taglio. Tali considerazioni sono state del resto confermate dai risultati delle prove SPT eseguite in tali litotipi, che hanno sempre fornito valori del numero di colpi N30 superiori a 100 (rifiuto), anche in presenza di tufi definiti "a debolissimi legami di cementazione".

Sulla base delle determinazioni così ottenute si definiscono gli intervalli dei seguenti parametri geotecnici:

- peso di volume = 17.0 - 18.0 kN/m<sup>3</sup>
- coesione  $c' = 10 - 40$  kPa
- angolo di attrito  $\Phi' = 25^\circ - 30^\circ$ .





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	17 di 81

### 4.3 Indagini geognostiche per la Variante Cannello (Italferr 2013 - 2015)

Nell'ambito della progettazione preliminare e definitiva della Variante Cannello – Linea AV Napoli-Bari, sono state eseguite nel corso degli anni 2013 e 2015 distinte campagne di indagini geognostiche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche geologiche, geotecniche e ambientali dei terreni interessati dalla suddetta tratta.

#### 4.3.1 Stratigrafia dei sondaggi e rilievo della falda

##### Indagini Italferr Variante Cannello 2014 (2a fase)

I sondaggi S19 e S23a (Italferr 2014) sono ubicati a ca. 150-300 m a nord dell'area interessata dal progetto della nuova viabilità. Le stratigrafie sono riassunte di seguito;

S19a:

- 0-16,0 m da p.c.: limo sabbioso fine, talora debolmente argilloso, con clasti di origine piroclastica (NSPT=9-11)
- 16,0-30 m: sabbia, medio-grossolana debolmente limosa, poco addensata, contenente una modesta frazione di ghiaia.

Il coefficiente medio di permeabilità desunto da prove Lefranc è pari a  $K=1,25 \times 10^{-8}$  m/s.

S23a:

- 0-4,80 m da p.c. limo sabbioso, debolmente sabbioso contenente clasti di pomice (NSPT =8)
- 4,80 – 16,40 m sabbia fine limosa e poco addensata (NSPT=9)
- 16,40 – 20,0 m Regolite tufacea con ghiaia piroclastica
- 20,0-30,0 m tufo lapideo

Il coefficiente medio di permeabilità desunto da prove Lefranc è pari a  $K=7,7 \times 10^{-7}$  m/s.

##### Indagini Italferr Variante Cannello 2014 (3a fase)

Il sondaggio S20pz (Italferr 2014) è ubicato in adiacenza al tratto nord della nuova viabilità in progetto. La stratigrafia è riassunta di seguito;

- 0-2,0 m da p.c. terreno vegetale di riporto costituito da limo argilloso, deb. sabbioso fine, di colore marrone scuro

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	18 di 81

- 2,0-5,70 m limo sabbioso fine, debolmente argilloso, poco addensato (NSPT=12)
- 5,70-14,40 m pozzolana sabbiosa moderatamente addensata (NSPT=12-16)
- 14,40-30,0 m pozzolana sabbioso-ghiaiosa moderatamente addensata (NSPT=30)

L'andamento della quota di falda nel periodo dal 1 Marzo 2015 al 27 Ottobre 2015, figura 2, presenta una oscillazione minima da +20 m s.l.m.m. a +18,0 m s.l.m.m.

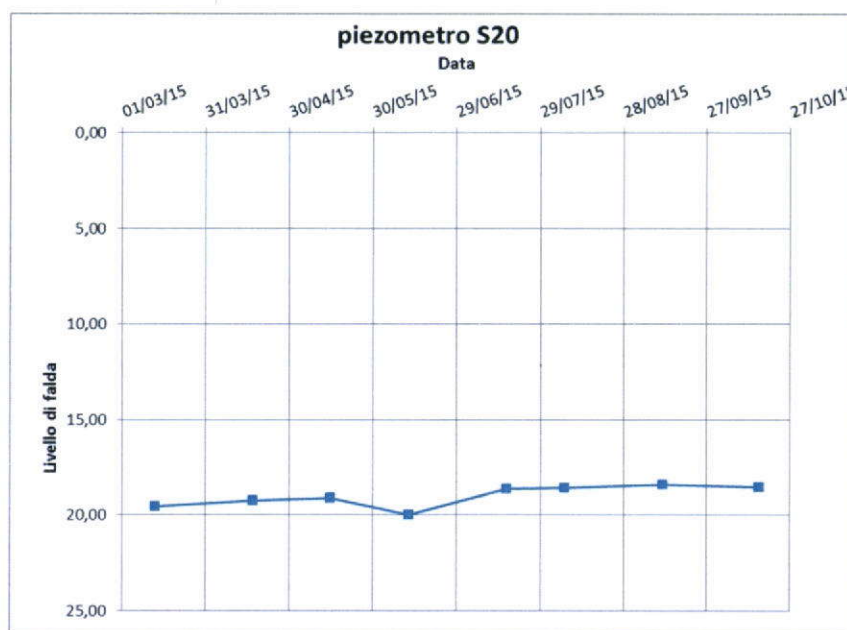


Figura 2 – Monitoraggio piezometrico S20pz. (Italferr, 2015) – quota assoluta del livello di falda.

Indagini Italferr Variante Canello 2015 (4a fase)

Il sondaggio S21 è ubicato a ca. 300 m dalla nuova viabilità. La stratigrafia è riassunta di seguito;

S21:

- 0-10,4 m da p.c. limo sabbioso fine, talora debolmente argilloso, con clasti di origine piroclastica (NSPT=3-15);
- 10,4-13,1 m da p.c. sabbia medio fine satura (NSPT=22);
- 13,1-14,3 m da p.c. limo argilloso sabbioso saturo;



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	19 di 81

- 14.3-25.7 m da p.c. Piroclastite da semilitoide a litoide (NSPT=57-77);
- 25.7-30m da p.c. Ghiaia etero metrica angolare sabbiosa (NSPT=53).

Il coefficiente medio di permeabilità desunto da prove Lefranc è pari a  $K=4,88 \times 10^{-6}$  m/s.

#### 4.3.2 Pozzetti esplorativi

Mediante escavatore meccanico sono stati scavati cinque pozzetti esplorativi PZ000, PZ00, PZ0, PZ1 e PZ2 di profondità pari a circa 2,00 m da p.c. La stratigrafia indica che la coltre superficiale consiste di piroclastiti della granulometria della sabbia medio fine.



**SONDEDILE srl**  
STUD. OPER. INTERVEN. NEL CAMPO  
 DELLA GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA

Certificazione Ufficiale - Settore « C » - Prove geotecniche in sito  
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
 Decreto 57211/5-11-2007 - DPR 380/2001 - Circolare 349/5TC/1999

Certificato n° del	
Committente: Italferr S.p.A.	Sondaggio: PZ000
Riferimento: Variante Cancellò - Na - IV Fase	Data: 27/03/2015
Coordinate:	Quota:
Perforazione: pozzetto geognostico	

SCALA 1 25		STRATIGRAFIA - PZ000				Pagina 1/1						
q	R	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Pre	SPT	RQD %	DESCRIZIONE
cm	%	%	cm	cm					100	5 P.T.	N (0-100)	
				0.9	Piroclastite della granulometria del limo sabbioso fine, umida, poco addensata, marrone brunastra, alterata. Presenti resti di radici.							
				1.2	Sabbia fine limosa, umida, moderatamente addensata, di colore marrone nocciola.							
				1.8	Sabbia medio fine, cementata, addensata, grigiasta.							

Pozzetto geognostico eseguito con benna meccanica.  
 Prelevato n°1 campione rimaneggiato di grosso volume Rim. 1.

Decreto di concessione n°. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246.

Normativa : A.G.I. 1977



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 N7D2 01 D 78 RH GE 00 00 001 A 20 di 81



Certificazione Ufficiale - Settore « C » - Prove geotecniche in sito  
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
 Decreto 57211/5-11-2007 - DPR 380/2001 - Circolare 349/STC/1999

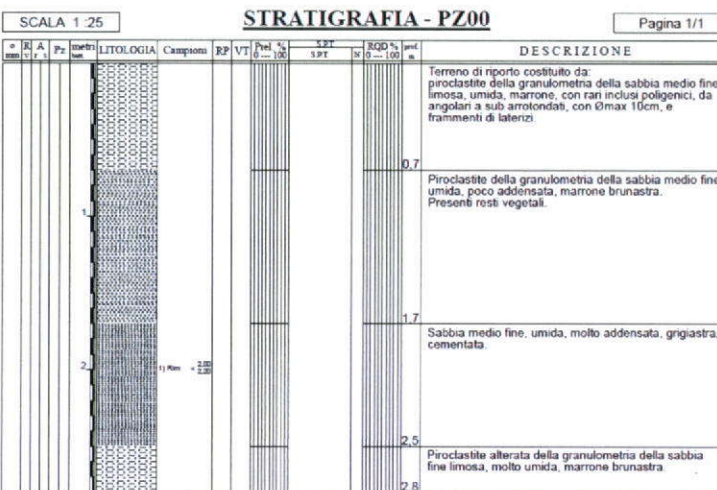
Certificato n° del \_\_\_\_\_

Committente: Italferr S.p.A. Sondaggio: PZ00

Riferimento: Variante Cancellò - Na - IV Fase Data: 27/03/2015

Coordinate: \_\_\_\_\_ Quota: \_\_\_\_\_

Perforazione: pozzetto geognostico



Pozzetto geognostico eseguito con benna meccanica.  
 Prelevato n°1 campione rimaneggiato di grosso volume Rim. 1.

Decreto di concessione n°. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246.

Normativa: A.G.I. 1977



Certificazione Ufficiale - Settore « C » - Prove geotecniche in sito  
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
 Decreto 57211/5-11-2007 - DPR 380/2001 - Circolare 349/STC/1999

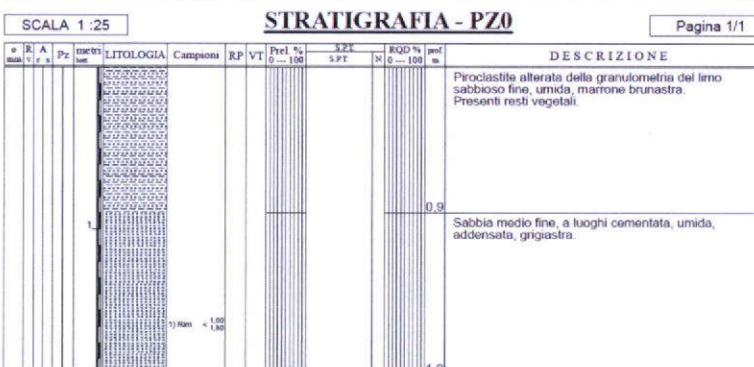
Certificato n° del \_\_\_\_\_

Committente: Italferr S.p.A. Sondaggio: PZ0

Riferimento: Variante Cancellò - Na - IV Fase Data: 27/03/2015

Coordinate: \_\_\_\_\_ Quota: \_\_\_\_\_

Perforazione: pozzetto geognostico



Pozzetto geognostico eseguito con benna meccanica.  
 Prelevato n°1 campione rimaneggiato di grosso volume Rim. 1.

Decreto di concessione n°. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246.

Normativa: A.G.I. 1977



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	21 di 81



Certificazione Ufficiale - Settore « C » - Prove geotecniche in sito  
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
 Decreto 57211/5-11-2007 - DPR 380/2001 - Circolare 349/STC/1999

Certificato n° del	
Committente: Italferr S.p.A.	Sondaggio: PZ1
Riferimento: Variante Cancellò - Na - IV Fase	Data: 27/03/2015
Coordinate:	Quota:
Perforazione: pozzetto geognostico	

SCALA 1:25 **STRATIGRAFIA - PZ1** Pagina 1/1

q	R	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. %	SPT	RQD %	prof	DESCRIZIONE
mm	v	f	s	bat.					0-100	S.P.T.	0-100	m	
				0									Piroclastite alterata della granulometria del limo sabbioso fine, da asciutta a umida, marrone brunastra. Presenti resti di radici.
				0.9									
				1.1									Sabbia medio fine, umida, molto addensata, marrone grigiastra.
				1.7									Sabbia media, cementata, addensata, umida, grigiastra.
				2.2									Piroclastite della granulometria della sabbia fine limosa, umida, moderatamente addensata, nocciola. Presenti inclusi di pomici, con Ømax 8cm.

Pozzetto geognostico eseguito con benna meccanica.  
 Prelevato n°1 campione rimaneggiato di grosso volume Rim. 1.  
 Decreto di concessione n°. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246.  
 Normativa : A.G.I. 1977



Certificazione Ufficiale - Settore « C » - Prove geotecniche in sito  
 AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
 Decreto 57211/5-11-2007 - DPR 380/2001 - Circolare 349/STC/1999

Certificato n° del	
Committente: Italferr S.p.A.	Sondaggio: PZ2
Riferimento: Variante Cancellò - Na - IV Fase	Data: 27/03/2015
Coordinate:	Quota:
Perforazione: pozzetto geognostico	

SCALA 1:25 **STRATIGRAFIA - PZ2** Pagina 1/1

q	R	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. %	SPT	RQD %	prof	DESCRIZIONE
mm	v	f	s	bat.					0-100	S.P.T.	0-100	m	
				0.7									Piroclastite alterata della granulometria del limo sabbioso fine, umida, marrone brunastra. Presenti resti di radici.
				1.7									Sabbia medio fine, cementata, molto addensata, umida, grigiastra.
				1.9									Piroclastite della granulometria della sabbia fine limosa, umida, moderatamente addensata, marrone brunastra.

Pozzetto geognostico eseguito con benna meccanica.  
 Prelevato n°1 campione rimaneggiato di grosso volume Rim. 1.  
 Decreto di concessione n°. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246.  
 Normativa : A.G.I. 1977



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	22 di 81

Inoltre, sui pozzetti esplorativi Pz0 e Pz2 sono state eseguite 2 prove di costipamento modificato e due prove CBR. Le prove di costipamento hanno restituito i seguenti valori:

- $W_{opt}=23.24\%$   $\gamma_d=15.16\text{kN/m}^3$  per il pozzetto Pz0;
- $W_{opt}=18.28\%$  e  $\gamma_d=16.21\text{kN/m}^3$  per il pozzetto Pz2.

Le prove CBR hanno fornito i seguenti valori:

	Penetr. (mm)	Carico (kN)	Carico Standard (kN)	CBR (%)
Pz0	2.54	3.09	13.35	23.15
Pz0	5.08	4.86	19.93	24.39
Pz2	2.54	2.62	13.35	19.63
Pz2	5.08	4.32	19.93	21.68

#### 4.3.3 Indagini sismiche

Il carotaggio sismico Down-Hole effettuato nel sondaggio S23a ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate SH.

La tabella seguente mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati per i tratti omogenei.

Profondità m (da - a)	Spessore m	Densità ( $\text{kN/m}^3$ )	$V_p$ m/s	$V_{SH}$ m/s	poisson	taglio dinamico ( $\text{kN/m}^2$ )	young ( $\text{kN/m}^2$ )	bulk ( $\text{kN/m}^2$ )	
0.0	4.0	4.0	19.5	355	175	0.34	6.09E+04	1.63E+05	1.69E+05
4.0	15.0	11.0	20.0	1592	267	0.49	1.45E+05	4.32E+05	4.97E+06
15.0	21.0	6.0	20.5	1814	321	0.48	2.15E+05	6.39E+05	6.59E+06
21.0	30.0	9.0	21.0	2033	649	0.44	9.02E+05	2.60E+06	7.65E+06

Con il carotaggio sismico down-hole, è stato caratterizzato il sottosuolo definendo il modello di distribuzione della velocità delle onde polarizzate di taglio SH, nei primi 30 metri di suolo, utile ai fini della caratterizzazione meccanica del terreno secondo la normativa antisismica vigente.

profondità metri da p.c.	velocità onde S (m/s)	
0.0	4.0	175
4.0	15.0	267
15.0	21.0	321
21.0	30.0	649

Il valore  $V_{s30}$  ottenuto, pari a 311 m/sec, evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in classe C.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
N7D2 01 D 78 RH GE 00 00 001 A 23 di 81

#### 4.3.4 Prove di laboratorio

I parametri geotecnici ottenuti dalle prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati nei sondaggi effettuati nelle diverse fasi sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 3 – Parametri geotecnici determinati in laboratorio sui campioni indisturbati (Italferr, 2014 e 2015)

SONDAGGIO n.	CAMP. n.	prof. mt.	STATO DEL CAMP.	POCKET PENET. PP KPa	VANE TEST VT KPa	CONTEN. D'ACQUA W %	PESO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SECCO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SPECIF. DEL TERRENO γ <sub>s</sub> Mg/m <sup>3</sup>	GRANULOMETRIA					LIMITI DI ATTERBERG		CLASSIFICAZIONE		PROVA EDOMETRICA			TAGLIO AL CASAGRANDE					
										GHIAIA G %	SABBIA S %	LIMO L %	L+A L+A %	ARGILLA A %	W <sub>L</sub> %	I <sub>p</sub> %	UNI 10005	USCS	E <sub>u</sub> KPa	C <sub>v</sub> cm/s	K cm/s	c' KPa	φ' °				
S21	RIM1	2.80	R							11.42	43.45	41.28	45.14	4.38	37	6	A-2-4	SC-SM									
		6.06								45.65	38.48	48.28	9.80														
S21	SPT1	3.00																									
		3.45																									
S21	SPT2	4.50																									
		4.95																									
S21	IND1	5.50	I	/	/	31.99	1.87	1.41	2.43		31.87	30.80	35.60	37.34	1.74	N.D.	N.P.	A-4	SM	6361				1	25.4	CD	37.4
		22.21									36.32	37.26	41.47	4.21													
S21	SPT3	6.00																									
		6.45																									
S21	IND2	8.00	I	>600	62.5	52.23	1.61	1.05	2.42		6.38	30.94	57.27	63.68	6.41	N.D.	N.P.	A-4	SM	9804				2	14.4	CD	34.4
		1.32									31.01	53.72	67.67	13.95													
S21	SPT4	8.50																									
		8.95																									
S21	SPT5	10.50	R								4.04	70.42		25.54													
		0.93									71.73		27.33														
S21	SPT6	12.00	R								0.21	67.98		31.79													
		0.00									65.62		34.38														
S21	RIM2	13.00																									
		13.40																									
S21	RIM3	14.60	R								14.99	50.84	33.00	34.17	1.17	N.D.	N.P.	A-4	SM								
		15.00									7.36	55.74	32.89	36.90	4.01												
S21	SPT7	15.00																									
		15.45																									
S21	RIM4	17.00																									
		17.40																									
S21	SPT8	18.00	R								33.81	42.78		33.41													
		18.45									20.26	54.93		24.80													
S21	SPT9	21.00	R								43.62	37.45		18.83													
		21.45									31.83	48.17		20.00													
S21	RIM5	22.00																									
		22.40																									

SONDAGGIO n.	CAMP. n.	prof. mt.	STATO DEL CAMP.	POCKET PENET. PP KPa	VANE TEST VT KPa	CONTEN. D'ACQUA W %	PESO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SECCO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SPECIF. DEL TERRENO γ <sub>s</sub> Mg/m <sup>3</sup>	GRANULOMETRIA					LIMITI DI ATTERBERG		CLASSIFICAZIONE		TAGLIO AL CASAGRANDE						
										GHIAIA G %	SABBIA S %	LIMO L %	L+A L+A %	ARGILLA A %	W <sub>L</sub> %	I <sub>p</sub> %	UNI 10005	USCS	c' KPa	φ' °					
S19A	1	3.00	I	200	25	46.04	1.52	1.04	2.54		10.69	18.67	70.64	70.64	0.00	N.D.	N.P.	A-4	ML				4.6	CD	27.7
		6.84									14.17	76.23	78.99	2.76											
S19A	2	5.00	I																						
		5.50																							
S19A	3	8.50	I	300	50						3.87	14.02	77.73	82.11	4.38	N.D.	N.P.	A-4	ML						
		9.00									310	75			2.38										
S23A	1	3.10	I	>600	75						10.72	59.74	27.94	29.54	1.80	N.D.	N.P.	A-2-4	SM						
		3.80									1.37	67.90	26.43	30.73	4.30										
S23A	2	6.30	I	300	25	35.26	1.68	1.24	2.47		22.99	46.29	29.52	30.72	1.20	N.D.	N.P.	A-2-4	SM				18.8	CD	35.3
		6.80									11.07	55.12	27.81	33.81	6.00										
S23A	3	9.00	I																						
		10.10																							



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 N7D2 01 D 78 RH GE 00 00 001 A 24 di 81

SONDAGGIO n.	CAMP. n.	prof. mt.	STATO DEL CAMP.	POCKET PENET. PP KPa	VARE TEST VT KPa	CONTEN. D'ACQUA W %	PESO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SECCO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SPECIF. DEL TERRENO γ <sub>s</sub> Mg/m <sup>3</sup>	GRANULOMETRIA					LIMITI DI ATTERBERG		CLASSIFICAZIONE		PROVA EDOMETRICA			TAGLIO AL CASAGRANDE				
										G %	S %	L %	L+A %	A %	W <sub>L</sub> %	I <sub>p</sub> %	UNI 10008	USCS	E <sub>ed</sub> KPa	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /s	K cm/s	c' KPa	φ' °			
S20	CI1	9.00 9.50	I	500	25 50	58.05	1.54	0.97	2.41	0.77	28.82	70.41	70.41	0.00	N.D.	N.P.	A-4	ML	7911			1	30.2	CD	24.9	
S20	A	3.50 3.80	R							0.95	15.62	76.72	78.32	1.60	N.D.	N.P.	A-4	ML								
S20	B	11.00 11.30	R							2.11	12.80	76.12	85.09	8.87	N.D.	N.P.	A-4	ML								
S20	C	15.70 16.00	R							0.92	30.48	67.88	68.61	0.73	N.D.	N.P.	A-4	ML								
S20	D	26.00 26.30	R							0.07	21.79	69.89	78.14	8.25	N.D.	N.P.	A-4	ML								
S20	SPT1	3.00 3.45								35.70	40.44	20.33	23.86	3.53	N.D.	N.P.	A-4	ML								
S20	SPT2	7.50 7.95	R							22.94	52.79	18.57	24.27	5.70	N.D.	N.P.	A-4	SM								
S20	SPT3	12.00 12.45	R							20.45	40.23	37.81	39.32	1.51	N.D.	N.P.	A-4	SM								
S20	SPT4	15.00 15.45								9.50	47.78	35.31	42.73	7.42												
S20	SPT5	18.00 18.45	R							10.93	39.20	/	49.87	/												
										2.72	45.80	/	51.48	/												
										1.02	38.01	/	60.97	/												
										0.09	37.93	/	61.98	/												
										24.33	43.40	/	32.28	/												
										14.27	52.02	/	33.71	/												

COMMITTENTE: ITALFERR S.p.A.										TABELLA RIASSUNTIVA PROVE DI LABORATORIO SU: TERRE ROCCHE MATER. STRADALI										SGAILAB - Laboratori e Ricerche S.r.l.										
LAVORO: P.D. Variante Linea Storica Cancello - Napoli, tratta Variante Cancello - Fase 3 e 4										LOCALITA': Acerra (NA)										Via Marconi, 18/a - 47033 - Montano di Romagna (RN) - ITALY Tel. +39 0541989972 - Fax. +39 0541989972 - e-mail: info@sgailab.net REA: RN-30474 - C.F. e P.A. 0368910401										
DATA ARRIVO: Aprile 2015										N° COMMESSA: 15.002.01										www.sgailab.net										
SONDAGGIO	CAMP.	prof.	STATO DEL CAMP.	POCKET PENET. PP KPa	VARE TEST VT KPa	CONTEN. D'ACQUA W %	PESO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SECCO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SPECIF. DEL TERRENO γ <sub>s</sub> Mg/m <sup>3</sup>	G %	S %	L %	L+A %	A %	W <sub>L</sub> %	I <sub>p</sub> %	UNI 10008	USCS	PROVA PROCTOR W <sub>opt</sub> %	γ <sub>max</sub> Mg/m <sup>3</sup>	Rigint. %	CBR %	TAGLIO AL CASAGRANDE c' KPa	φ' °	TAGLIO TRIASSIALE c KPa	φ °	TAGLIO TRIASSIALE c KPa	φ °	COMPRESIONE MONOASSIALE F <sub>u</sub> KPa	ε <sub>v</sub> %
Pz P0			R							2.24	28.84	72.50	77.12	1.62	30	5	A-4	ML	23.24	1.516	1.39	24.30								
Pz P00			R							0.21	20.37	67.14	78.42	12.28	N.D.	N.P.	A-4	SM												
Pz P000										0.87	07.14	33.19	39.29	3.10																
Pz 1										0.87	62.71	29.31	36.62	7.31																
Pz 2			R							5.36	39.85	51.18	59.75	3.65	N.D.	N.P.	A-4	SM	18.28	1.021	0.42	21.68								
										2.52	40.45	50.29	57.62	8.73																

TERRE

- I = INDISTURBATO
- R = RIMANEGGIATO
- S = SEMIDISTURBATO

- CD = PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA E DRENATA
- CU = PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA
- UU = PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA
- C<sub>cu</sub> - φ<sub>cu</sub> = parametri consolidati non drenati
- C' - φ' = parametri efficaci
- C<sub>uu</sub> - φ<sub>uu</sub> = parametri non consolidati non drenati
- CD = PROVA DI TAGLIO AL CASAGRANDE CONSOLIDATA E DRENATA

AGS  
ASTM



**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	25 di 81

#### 4.4 Indagini geognostiche per il PD della viabilità Afragola (Italferr 2015)

Per il Progetto Definitivo della viabilità di Afragola nell'autunno 2015 è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche consistente in:

- n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1, S2 e S3)
- n. 2 prove penetrometriche DPSH
- n. 2 pozzetti esplorativi eseguiti con escavatore meccanico.
- N.3 prove CPTu

CODICE SONDAGGIO	PROFONDITA' [m dal p.c.]	DATA ESECUZIONE	Quota (m s.l.m.)	Coordinate	
<b>SONDAGGIO</b>					
S1	31,0	15/02/2016-16/02/2016	25,31	444421,82	4531906,27
S2	30,0	28/10/2015-29/10/2015	24,22	4531777,86	444497,11
S3	30,0	26/10/2015-27/10/2015	25,26	4531872,16	444284,41
<b>POZZETTO GEOGNOSTICO</b>					
PZ3	2,0	15/02/2016-15/02/2016	24,75	444647,00	4531918,00
PZ4	2,0	28/12/2015-28/12/2015	23,87	445052,41	4531306,81
<b>PROVA PENETROMETRICA</b>					
CPTU2 integrata con DPSH2	1,6	15/02/2016	24,0	444513.52	4531906.33
	12,2			444513.12	4531905.50
CPTU3 convertita in DPSH3	0,0	28/12/2015	27,0	444699,17	4531592,62
	15,6				
CPTU4	10,9	15/02/2016	25,0	445320.77	4530758.77

L'ubicazione delle indagini è riportata nella figura seguente.



Figura 3 – Ubicazioni indagini 2015

#### 4.4.1 Stratigrafia dei sondaggi

##### Sondaggio S1:

Strato	Profondità	Descrizione
1	0-4,0	limo-sabbioso passante a sabbia limosa, sciolto e poco consistente
2	4,0 – 9,6	cinerite sabbiosa con sparsi granuli di sabbia e lapilli teneri mediamente addensata
3	9,6 – 12,0	piroclastite a lapilli e sabbia a grana media e grossa con scarsa frazione fina;
4	12,0 – 14,30	cinerite sabbiosa e limosa debolmente lapillosa avana-grigiastrea mediamente addensata;
5	14,30 – 18,0	materiale tufaceo incoerente di colore oca bruno virante a grigiastro e con sfumature/screziature marrone nerastro, costituito da matrice sabbiosa o sabbioso limosa, incoerente e mediamente addensato;
6	18,0 – 31,0	Tufo litoide di colore grigio cenere virante a grigio-nerastro.

Livello piezometrico a fine sondaggio a 5,5 m da p.c.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	27 di 81

#### Sondaggio S2:

Strato	Profondità	Descrizione
1	0-0.6	Misto calcareo medio con sabbia limosa avana nocciola. (pista di servizio- RFI);
2	0,6 - 5,3	materia di riporto limo sabbioso bruno-grigiastro con punteggiature millimetriche nerastre e sporadici inclusi piroclastici minuti ( $\varnothing$ max 0.5cm); minuti frammenti di laterizio e calcestruzzo;
3	5,3 - 16,0	Cinerite medio limo argillosa fine di colore avana giallastra con sporadici livelli centimetrici argillificati e contenente frammenti piroclastici millimetrici;
4	16,0 - 18,35	Piroclastite a grana media con clasti da 0,2 a 2,0 cm, moderatamente addensata
5	18.35-28.85	Tufo litoide da moderatamente ad altamente addensato e compatto
6	28.85-30.00	Cinerite a grana media di colore grigio mediamante addensata con abbondanti elementi pomicei grossolani grigio-nerastri

Livello piezometrico a fine sondaggio da -6.80 a -7.40 m da p.c.

#### Sondaggio S3:

Strato	Profondità	Descrizione
1	0 - 1,0	Materiale di riporto limo argilloso con frammenti di laterizi e elementi vetrosi. Poco addensato
2	1,0 - 3,65	Cinerite a granulometria limoso-argillosa con frequenti venature ocracee diffuse e contenente lapilli e scorie diametro max 1-2 cm, poco addensata;
3	3,65 - 4,50	Piroclastiti con lapilli e pomici diam max. 0.2-2,0 cm, contenente cenere fine/media grigio scura;
4	4,50 - 9,30	Cinerite piroclastica da fine a media con locali livelli decimetrici argillificati di colore grigio chiaro; sporadici inclusi elementi piroclastici diam max. 0,5-1,0 cm;
5	9,30 - 12	Sabbia fine o medio-fine, ben classata ed omogenea, di colore grigio scuro, da poco a moderatamente addensato;
6	12,00 - 22,85	Cinerite a grana media di colore grigio mediamante addensata con abbondanti elementi pomicei grossolani grigio-nerastri passante a piroclastite limoso-sabbiosa di colore giallo oca; materiale da addensato a molto addensato;
7	22,85 - 27,85	Tufo litoide da moderatamente ad altamente addensato e compatto;
8	27,85 - 30	Cinerite piroclastica da fine a media con locali livelli decimetrici argillificati di colore grigio chiaro; sporadici inclusi elementi piroclastici diam max. 2,0 cm.

Livello piezometrico a fine sondaggio da 5,5 a 6,4 m da p.c.

#### 4.4.2 Pozzetti esplorativi

Mediante escavatore meccanico sono stati scavati due pozzetti esplorativi PZ3 e PZ4 di profondità pari a 2,00 m da p.c. La stratigrafia indica che la coltre superficiale consiste di piroclastiti sciolte genericamente chiamate "cineriti" poco consistenti.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	28 di 81

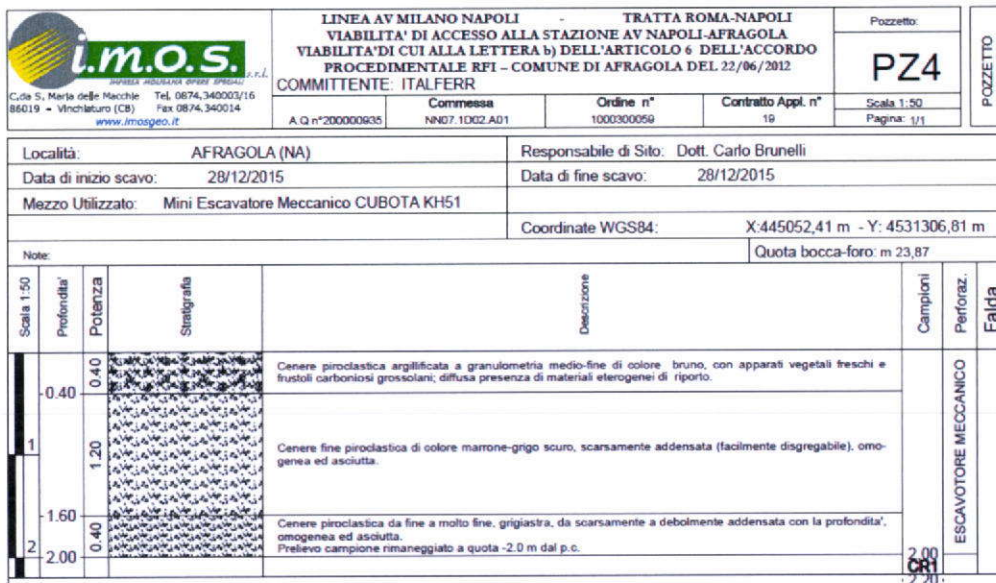


Figura 4 – Stratigrafia dei pozzetti esplorativo PZ3 e PZ4



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	29 di 81

#### 4.4.3 Prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'ingfiere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari. Il grafico dei risultati ottenuti è illustrato nelle figure seguenti.

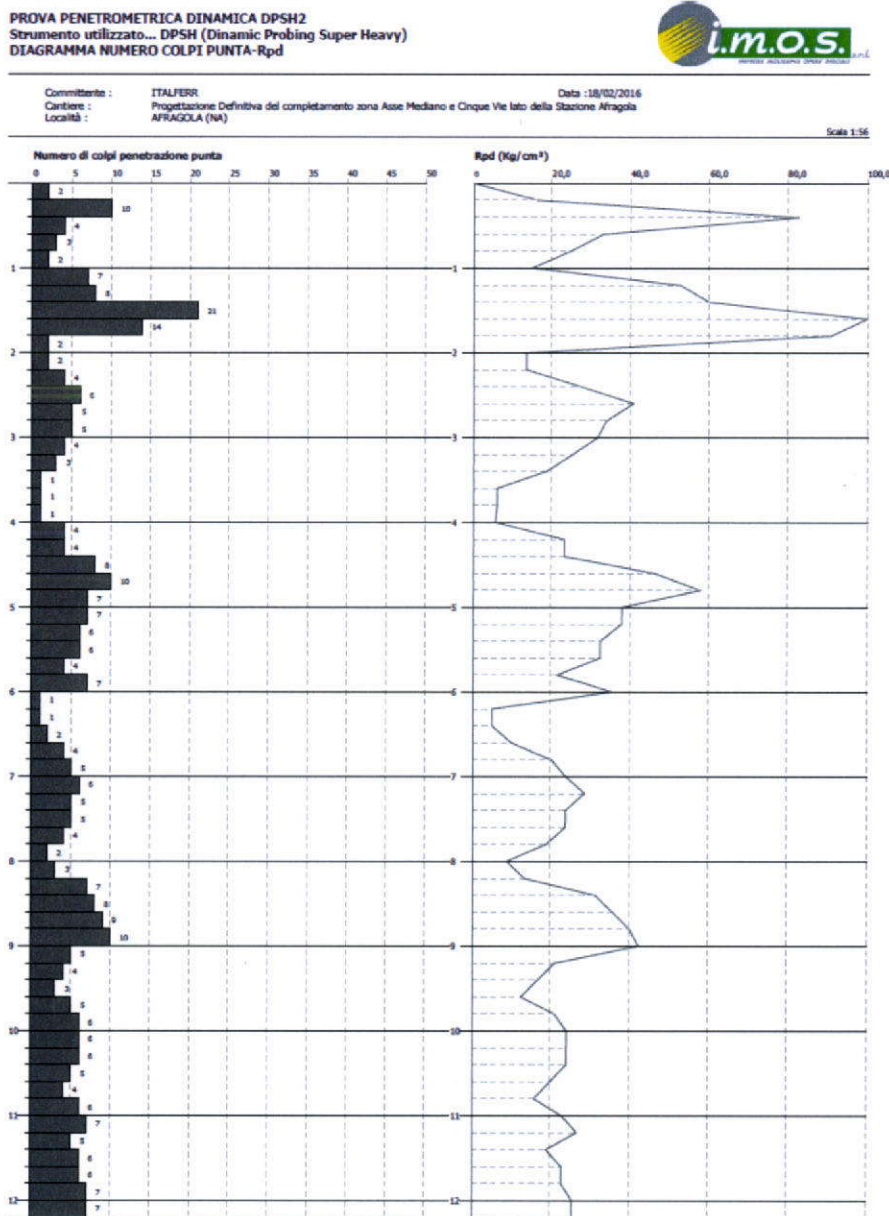


Figura 5 – Risultati prova DPSH2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH3  
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd



Committente : ITAFERR  
Cantiere : Progettazione Definitiva del completamento zona Asse Mediano e Cinque Vie lato della Stazione Afragola  
Località : AFRAGOLA (NA)

Data : 28/12/2015

Scala 1:71

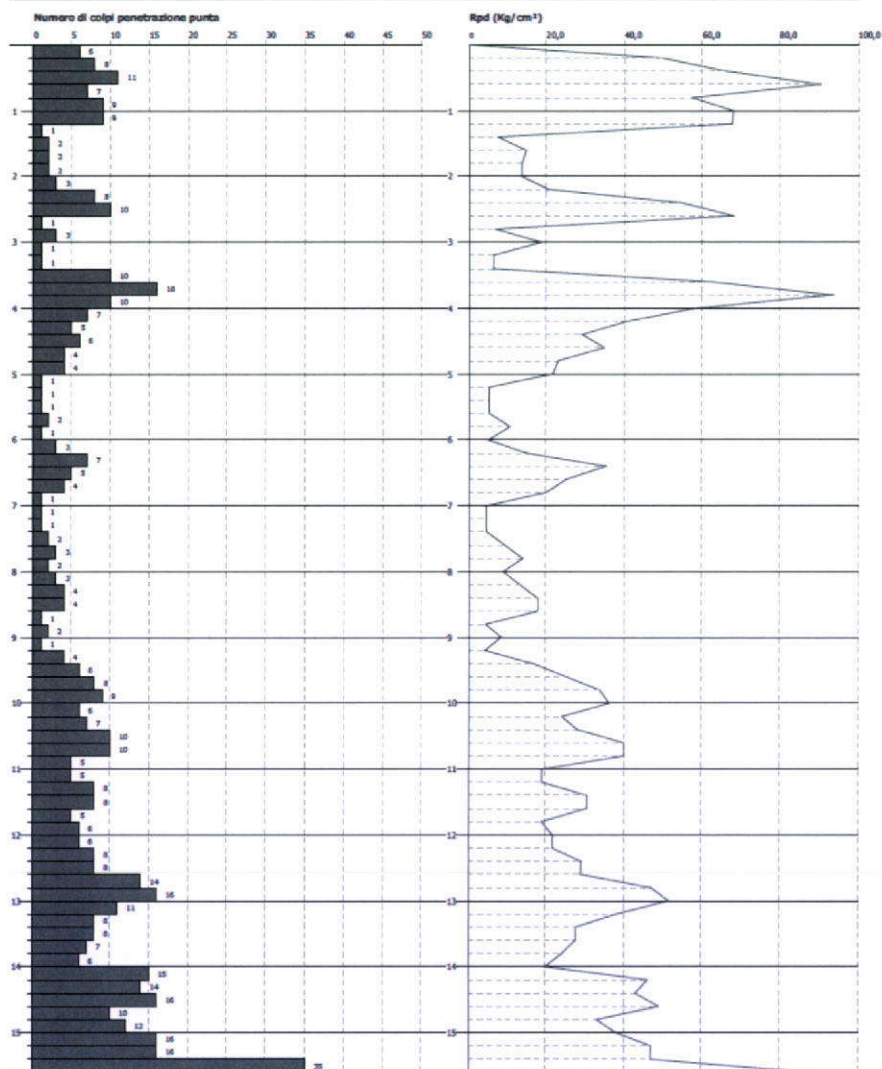


Figura 6 – Risultati prova DPSH3

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	31 di 81

#### 4.4.4 Prova Down Hole

Le prove Down-Hole sono state condotte, come precedentemente accennato, all'interno del foro geotecnico S3, appositamente allestito per le prove DHT e ubicato come mostrato nei paragrafi precedenti.

La profondità disponibile nel foro, ai fini dell'esecuzione della prova, è stata pari a 30m. I risultati completi delle prove e l'interpretazione degli stessi, compreso il calcolo delle Vs30 sono reperibili nell'Allegato grafico alle Tavole 10 e 11.

I valori delle velocità delle onde P ed S sono riportati nelle tabelle seguenti:

FORO S3 - VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media P [m/s]
1	da -1 a -4 m	4	299
2	da -4 a -9 m	5	529
3	da -9 a -12 m	3	1234
4	da -12 a -30 m	18	1628

FORO S3 - VELOCITA' ONDE SH

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media SH [m/s]
1	da -1 a -4 m	4	169
2	da -4 a -9 m	5	207
3	da -9 a -12 m	3	195
4	da -12 a -16 m	4	283
5	da -16 a -25 m	9	548
6	da -25 a -30 m	5	467

Di seguito sono riportati i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo  $\sigma$ ), del modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidity o di Taglio ( $\mu$ ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità), calcolati così come descritto precedentemente.

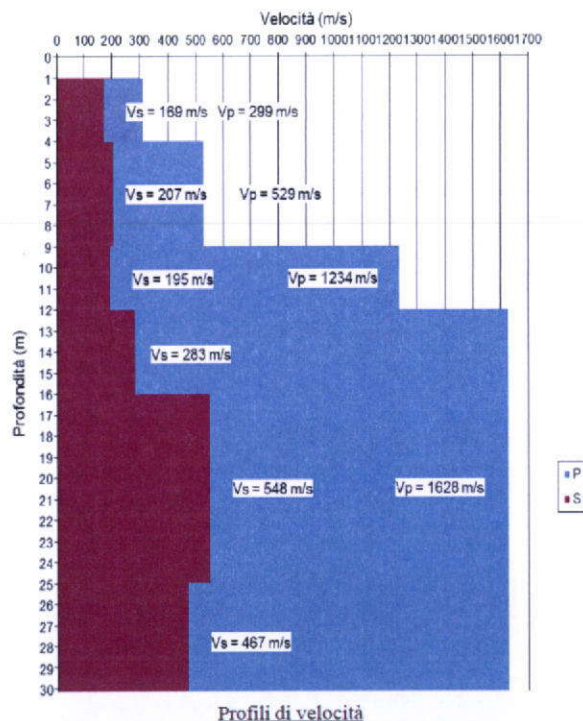
FORO S3- PARAMETRI DINAMICI

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson [ $\sigma$ ]	Taglio $\mu$ [MPa]	Young E [MPa]	Bulk $\kappa$ [MPa]
1	da -1 a -4 m	4	16.60	0.27	47.41	119.96	85.18
2	da -4 a -9 m	5	17.06	0.41	73.09	206.06	379.90
3	da -9 a -12 m	3	18.47	0.49	70.22	208.88	2718.59
4	da -12 a -16 m	4	19.26	0.48	154.22	457.85	4897.95
5	da -16 a -25 m	9	19.26	0.44	578.27	1660.90	4332.56
6	da -25 a -30 m	5	19.26	0.46	419.95	1222.20	4543.64

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente  $V_{s3,0}$  rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di  $V_{s30}$  è pari a:

$$V_{s30} = 287 \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di  $V_{s30}$  si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "C".







LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
N7D2 01 D 78 RH GE 00 00 001 A 33 di 81

#### 4.4.5 Prove di laboratorio

Nella tabella seguente sono descritte le prove di laboratorio eseguite.

SONDAGGIO n.	CAMP. n.	prof. mt.	STATO DEL CAMP.	POCKET PENET. PP kPa	VANE TEST VT kPa	CONTEN. D'ACQUA W %	PESO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SECCO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SPECIF. DEL TERRENO γs Mg/m <sup>3</sup>	GRANULOMETRIA					LIMITI DI ATTERBERG		CLASSIFICAZIONE		PROVA EDOMETRICA			TAGLIO CASAGRANDE		COMPRESSIONE SEMPLICE		TAGLIO TRIASSIALE						
										G %	S %	L %	L+A %	A %	WI %	Ip %	UNI 10006	USCS	Eed kPa	Cv cm <sup>2</sup> /s	K m/s	c' kPa	φ' °	c kPa	φ °	c kPa	φ °					
S2	CI1	9.65 10.25	I	160 270	50	44.31	1.68	1.16	2.32	19.75	16.78	72.68	60.45	7.58	N.D.	N.P.	A-4	ML							6.1	CD	41.7					
S2	CI2	15.30 15.85	I	100 300	25 37.5	39.93	1.72	1.23	2.45	32.47	56.71	18.74	20.97	2.91	N.D.	N.P.	A-2-4	SM	11799	N.C.	N.C.	1										
S3	CI1	3.65 4.05	I	290	50	46.64	1.85	1.12	2.38	16.14	11.27	68.24	82.99	16.38	38	6	A-4	ML							14.8	CD	31.2					
S3	CI2	22.55 22.85	I	>600	>250	41.83	1.55	1.09	2.28	69.39	77.96	7.41	2.91	0.40	N.D.	N.P.	A-1-a	GM-GP	17676	N.C.	N.C.	2										

SONDAGGIO n.	CAMP. n.	prof. mt.	sott. n.	STATO DEL CAMP.	POCKET PENET. PP kPa	VANE TEST VT kPa	CONTEN. D'ACQUA W %	PESO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SECCO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SPECIF. DEL TERRENO γs Mg/m <sup>3</sup>	GRANULOMETRIA					LIMITI DI ATTERBERG		CLASSIFICAZIONE		PROVA EDOMETRICA			TAGLIO CASAGRANDE		TAGLIO TRIASSIALE							
											G %	S %	L %	L+A %	A %	WI %	Ip %	UNI 10006	USCS	Eed kPa	Cv cm <sup>2</sup> /s	K m/s	c' kPa	φ' °	c kPa	φ °						
PZ1	CR1	2.00	D01	R							11.81	19.16	85.75	49.04	5.21	N.D.	N.P.	A-4	CL-ML							11.7	CD	32.1				
PZ3	CR1	2.00	D01	R							2.87	46.34	38.89	50.78	11.89	N.D.	N.P.	A-1-b	SM													
PZ4	CR1	2.00	D01	R							59.59	64.98	13.36	15.36	2.90	N.D.	N.P.	A-4	SM													
PZ4	CR1	2.00	D02	R							16.12	68.20	12.01	15.68	3.67	N.D.	N.P.	A-4	SM													
PZ4	CR1	2.00	D02	R							9.26	49.97	76.66	40.76	5.10	N.D.	N.P.	A-4	CL-ML							8.4	CD	33.2				
PZ4	CR1	2.00	D02	R							4.40	53.98	31.95	41.62	9.67	N.D.	N.P.	A-4	CL-ML													
PZ4	CR1	2.00	D02	R							6.29	5.38	94.05	95.33	9.30	N.D.	N.P.	A-4	CL-ML													
PZ4	CR1	2.00	D02	R							0.00	4.66	82.85	95.34	12.49	N.D.	N.P.	A-4	CL-ML													

SONDAGGIO n.	CAMP. n.	prof. mt.	sott. n.	STATO DEL CAMP.	POCKET PENET. PP kPa	VANE TEST VT kPa	CONTEN. D'ACQUA W %	PESO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SECCO UNITA' VOLUME Mg/m <sup>3</sup>	PESO SPECIF. DEL TERRENO γs Mg/m <sup>3</sup>	GRANULOMETRIA					LIMITI DI ATTERBERG		CLASSIFICAZIONE		PROVA EDOMETRICA			TAGLIO CASAGRANDE		TAGLIO TRIASSIALE						
											G %	S %	L %	L+A %	A %	WI %	Ip %	UNI 10006	USCS	Eed kPa	Cv cm <sup>2</sup> /s	K m/s	c' kPa	φ' °	c kPa	φ °					
S1	CI1	4.30 4.80		I	/	/	31.30				44.04	45.33	/	10.33	/																
PZ3	CR1	2.00	D02	R							20.95	68.47	/	10.57	/	N.D.	N.P.	A-4	SM												
PZ3	CR1	2.00	D02	R							7.10	56.16	31.42	36.80	5.35	N.D.	N.P.	A-4	SM												
PZ3	CR1	2.00	D02	R							1.17	60.03	31.06	38.80	7.74	N.D.	N.P.	A-4	SM												

LEGENDA:

TERRE	
I	= INDISTURBATO
R	= RIMANEGGIATO
S	= SEMINDISTURBATO
	AGUI/S
	ASTM

CD PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA E DRENATA  
CU PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA  
UU PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA  
Ccu - φcu = parametri consolidati non drenati  
C' - φ' = parametri efficaci  
Cuu - φuu = parametri non consolidati non drenati  
CD PROVA DI TAGLIO AL CASAGRANDE CONSOLIDATA E DRENATA

N.D. = non determinabile  
N.P. = non plastico

## 5 CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione dei terreni presenti nell'area in esame è stata svolta sulla base delle risultanze delle indagini in sito ed in laboratorio. Nei paragrafi che seguono si descrivono le modalità seguite per interpretare i risultati delle indagini svolte.

### 5.1 Interpretazione delle indagini in sito

Le prove in sito costituiscono un valido ausilio per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni e per la determinazione del profilo stratigrafico.

Nel caso in esame le indagini in sito sono state condotte attraverso prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT) e DPSH. Queste prove, particolarmente significative per le formazioni incoerenti, dove risulta sempre difficile prelevare campioni, consentono di verificare il grado di addensamento dei terreni granulari e lo stato di consistenza dei terreni coesivi (vedi tabelle sottostanti).

#### Terreni Granulari

Descrizione	N <sub>SPT</sub> [colpi/30 cm]	Prove manuali
Sciolto	0-4	si scava facilmente con un badile
Poco addensato	4-10	si scava abbastanza facilmente con un badile e si penetra con una barra
Moderatamente addensato	10-30	difficile da scavare con un badile o da penetrare con una barra
Addensato	30-50	molto difficile da penetrare; si scava con un piccone
Molto addensato	>50	difficile da scavare con un piccone

#### Terreni Coesivi

Descrizione	N <sub>SPT</sub> [colpi/30 cm]	Resistenza al taglio non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Indice di consistenza I <sub>c</sub> =(W <sub>L</sub> -W <sub>N</sub> )/PI (*)	Manipolazione in situ
Molle ( <i>very soft</i> )	0÷2	0÷25	<0,5	Si sprema fra le dita chiudendo il pugno
Tenera ( <i>soft</i> )	2÷4	25÷50	0,5÷0,75	Si modella facilmente con le dita
Media ( <i>medium o firm</i> )	4÷8	50÷100		Si modella con forte pressione delle dita
Consistente ( <i>stiff</i> )	8÷15	100÷150	0,75÷1,0	Si incava ("dent") con forte pressione delle dita
Molto consistente ( <i>very stiff</i> )	15÷30	150÷200	1,0÷1,5	Si incava solo leggermente con forte pressione delle dita
Dura ( <i>hard</i> )	>30	>200	>1,5	Si intacca ("dent") solo leggermente con la punta della matita

(\*) LEGENDA: W<sub>L</sub> = limite liquido; W<sub>N</sub> = contenuto d'acqua naturale; PI = indice di plasticità

La prova SPT, consiste nella misura del numero di colpi necessari per l'infissione di un campionatore Raymond sotto i colpi di un maglio della massa di 63.5 kg. La resistenza alla penetrazione è caratterizzata dalla somma del numero di colpi necessari all'avanzamento del secondo e terzo tratto, ognuno da 150 mm:

$$NSPT = N2 + N3$$

In presenza di falda i valori delle prove SPT sono stati corretti con la relazione:



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	35 di 81

$N_{spt-cor} = 15 + 0.05 \times (N_{spt} - 15)$  relazione valida per valori di  $N_{spt} > 15$ .

L'interpretazione delle prove in sito è basata essenzialmente su correlazioni empiriche; nel caso in esame i risultati delle prove penetrometriche sono stati utilizzati, tenendo conto della maggiore o minore affidabilità delle correlazioni in funzione della natura del terreno, per indagare:

- stato di addensamento ( $D_r$ );
- resistenza in terreni incoerenti ( $\phi'$ );
- resistenza in terreni coesivi ( $c_u$ );
- Modulo di Young ( $E_{Young}$ ).

### 5.1.1 Terreni granulari

#### Densità relativa

In Tabella 4 – le correlazioni tra le caratteristiche di addensamento e i valori di  $N_{spt}$  di Terzaghi-Peck (1948) e di Gibbs-Holtz (1957).

Tabella 4 – Correlazione tra densità relativa e i valori di  $N_{spt}$

Nspt Colpi/30 cm	DENSITA' RELATIVA	DENSITA' RELATIVA
	(TERZAGHI – PECK)	(GIBBS-HOLTZ)
	1948	1957
0-4	MOLTO SCIOLTA	0-15%
4-10	SCIOLTA	15-35%
10-30	MEDIA	35-65%
30-50	DENSA	65-85%
OLTRE 50	MOLTO DENSA	85-100%

La prima correlazione tra la densità relativa  $D_r$  e i valori di resistenza misurati nel corso di una prova SPT si deve a Terzaghi e Peck (1948).

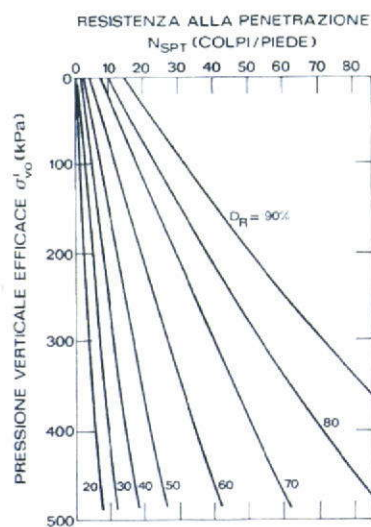


Figura 7: Correlazione tra prove penetrometriche e densità relativa

Sulla base dei valori di  $N_{spt}$  è stata considerata la correlazione di Skempton per la determinazione della densità relativa:  $D_r$  valido per sabbie da fini a ghiaiose:

$$D_r(\%) = 100 \sqrt{\frac{N_{SPT} \sqrt{\frac{98}{\sigma}}}{32 + 0.288\sigma}}$$

con la tensione efficace  $\sigma$  espresso in kPa

La suddetta relazione sovrastima la densità nei depositi ghiaiosi.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	37 di 81

### Resistenza a taglio $\phi'$

L'angolo di attrito  $\phi'$  è valutato con le seguenti correlazioni in funzione di  $N_{SPT}$ :

**De Mello (1971):**

$$\phi' = 19 - 0.38\sigma'_v + 8.73 \log(N_{SPT})$$

dove  $\sigma'_v$  è la pressione efficace in  $\text{kg/cm}^2$  e  $N_{NSPT}$  il numero di colpi medio misurato.

La relazione è valida per le sabbie in genere e per qualunque profondità (tranne che per i primi 2 m sotto il p.c.). E' da considerarsi inattendibile però per valori di  $\phi'$  superiori a  $38^\circ$ .

**Sowers (1961):**

$$\phi' = 28 + 0.28N_1$$

dove  $N_1 = C_N N_{spt}$

nella quale il fattore correttivo  $C_N$  può essere assunto secondo le seguenti espressioni, a seconda della natura prevalente del materiale incoerente:

$$C_N = \begin{cases} \frac{2}{1 + \frac{\sigma'_{v0}}{100}} \rightarrow \text{sabbie - fini} \\ \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{v0}}{100}} \rightarrow \text{sabbie - grossolane} \end{cases}$$

La relazione è valida per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità inferiori a circa a 4m per terreni sopra falda e inferiori a circa 7m per terreni in falda.

**Road Bridge Specification:**

$$\phi' = (15N_1)^{0.5} + 15$$

dove  $N_1 = C_N N_{spt}$ . Per  $C_N$  si veda la correlazione di Sowers.

La relazione è valida per le sabbie fini o limose e trova le sue condizioni di applicabilità per profondità di prova inferiori a 8-10m per terreni sopra falda e inferiori a 15m per terreni falda.

**Meyerhof (1965):**

$$\phi' = 23.7 + 0.57N_{spt} - 0.006 N_{spt}^2 \quad (>5\% \text{ limo})$$

$$\phi' = 29.47 + 0.46N_{spt} - 0.004 N_{spt}^2 \quad (<5\% \text{ limo})$$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	38 di 81

La relazione è valida per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità inferiori a circa a 3m per terreni sopra falda e inferiori a circa 5m per terreni in falda.

### Caratteristiche di deformabilità

Per valutare il modulo elastico E sono state considerate le seguenti correlazioni in funzione in funzione di  $N_{spt}$  :

#### **Schultze:**

$$E(kg/cm^2) = 5.27N_{spt} + 76$$

Il metodo è valido per le sabbia sotto falda. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace.

#### **D'Appolonia:**

$$E(kg/cm^2) = 7.71N_{spt} + 191$$

Il metodo è valido per le sabbia+ghiaia. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace.

#### **Schmertmann:**

Il metodo è valido per le sabbie in genere. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace.

$$E(kg/cm^2) = 2B \cdot N_{spt}$$

dove B è una costante variabile in funzione della litologia:

B	Litologia
4	sabbia fine
6	sabbia media
10	sabbia grossolana

#### **Webb:**

$$1) \rightarrow E(kg/cm^2) = 3.22N_{spt} + 16 \rightarrow \text{sabbia\_con\_fine\_plastico}$$

$$2) \rightarrow E(kg/cm^2) = 4.87N_{spt} + 73 \rightarrow \text{sabbia\_satura}$$

Il metodo è valido per sabbia con fine plastico (rel.1) o sabbia sotto falda (rel.2). La relazione non considera l'influenza della pressione efficace.

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	39 di 81

**Denver**

$$E(\text{kg/cm}^2) = S1 N_{spt} + S2$$

La relazione non considera l'influenza della pressione efficace. I parametri S1 ed S2 sono determinati in funzione della granulometria dalla tabella che segue.

n. curva	S1 (Kg/cmq)	S2 (Kg/cmq)	Note
1	7.56	187.5	Sabbia e ghiaia (1)
2	10.43	367.9	Sabbia (2)
3	5.17	74.6	
4	4.78	71.7	Sabbia satura (4)
5	3.16	15.8	Sabbia argillosa (5)

**5.1.2 Terreni coesivi**

Resistenza a taglio

Nei terreni a grana fine, la resistenza a taglio non drenata è valutata con le seguenti correlazioni in funzione di  $N_{spt}$ :

**Terzaghi-Peck:**

$$c_u (\text{kg/cm}^2) = 0.067 \cdot N_{spt}$$

La relazione è valida per argille di media plasticità.

**DM-7 (Design Manual for Soil Mechanics):**

- 1)  $c_u (\text{kg/cm}^2) = 0.038 \cdot N_{spt} \rightarrow$  argille a bassa plasticità
- 2)  $c_u (\text{kg/cm}^2) = 0.074 \cdot N_{spt} \rightarrow$  argille a media plasticità
- 3)  $c_u (\text{kg/cm}^2) = 0.125 \cdot N_{spt} \rightarrow$  argille ad alta plasticità

Il metodo è valido per le argille in genere.

**Sanglerat:**

- 1)  $c_u (\text{kg/cm}^2) = 0.125 \cdot N_{spt} \rightarrow$  argille a media plasticità
- 2)  $c_u (\text{kg/cm}^2) = 0.10 \cdot N_{spt} \rightarrow$  argille limose
- 3)  $c_u (\text{kg/cm}^2) = 0.067 \cdot N_{spt} \rightarrow$  argille limo - sabbiose



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	40 di 81

Il metodo è valido per le argille di media e bassa plasticità.

### Shioi - Fukui:

- 1)  $c_u (kg / cm^2) = 0.025 \cdot N_{spt} \rightarrow$  argille a media plasticità
- 2)  $c_u (kg / cm^2) = 0.05 \cdot N_{spt} \rightarrow$  argille ad alta plasticità

Il modulo elastico edometrico  $E_{ed}$  è determinato in funzione  $N_{SPT}$  con la correlazione:

### Caratteristiche di deformabilità

#### Stroud e Butler:

- 1)  $E_d (kg / cm^2) = 5 \cdot N_{spt} \rightarrow$  argille a media plasticità
- 2)  $E_d (kg / cm^2) = 6 \cdot N_{spt} \rightarrow$  argille a bassa plasticità

Il metodo è valido per argille di media e bassa plasticità.

Dai valori del modulo edometrico determinati con la correlazione di cui sopra è possibile risalire al modulo elastico di Young con la relazione:

$$E' = E_{ed} \frac{(1 + \nu')(1 - 2\nu')}{1 - \nu'}$$

### 5.2 Interpretazione dei dati di laboratorio

I parametri di resistenza in condizioni drenate sono stati ricavati dalle prove di taglio diretto (TD) mentre le caratteristiche di deformabilità sono state valutate invece sulla base dei risultati delle prove edometriche (ED).

### 5.3 Caratteristiche della falda

Per la misura della quota di falda si è fatto riferimento alle misure piezometriche realizzate in fase di indagine.





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	41 di 81

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Il progetto della viabilità di accesso alla nuova stazione A.V. Campania-Afragola ricade nel territorio comunale della città di Afragola e si estende interamente su un'area subpianeggiante.

Sulla base dei risultati delle indagini (in sito ed in laboratorio) delle campagne geognostiche eseguite nell'area in esame, si perviene ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni e quindi alla definizione della stratigrafia ed ai parametri geotecnici di progetto.

Nel seguito viene prima brevemente descritta la successione stratigrafica lungo il tracciato con individuazione delle unità geotecniche intercettate dalle indagini; successivamente vengono presentate le caratteristiche litologiche ed i valori dei parametri geotecnici delle unità di interesse progettuale.

Lungo il tracciato in esame sono distinguibili essenzialmente le seguenti unità geotecniche:

**Unità R - Terreni di riporto e coltre vegetale.** Si tratta di terreno di riporto antropico (**Ra**) che costituisce il corpo dei rilevati esistenti e del terreno vegetale (**Rv**) costituito prevalentemente da limo sabbioso debolmente argilloso con resti vegetali e inclusi clasti.

**Unità DI: Depositi piroclastici rimaneggiati.** Si tratta di sabbie limose piroclastiche rimaneggiate in ambiente continentale per azione di acque fluviali e di antiche conche lacuali e palustri, talora con presenza di orizzonti torbosi e tracce di paleosuoli. L'unità si rinviene in genere al di sotto del riporto.

**Unità Po: Depositi piroclastici recenti.** Si tratta di depositi piroclastici sabbiosi di età eruttiva flegrea e vesuviana (Olocene storico e recente) formati da lapilli, ceneri vulcaniche, pomice con locali tracce di paleosuoli. Sono costituiti da sabbie da fini a medie a grossolane in matrice limosa debolmente argillosa con presenza di locali livelli ghiaiosi. Si trovano lungo tutto il tracciato sotto il riporto e sotto gli eventuali spessori di depositi piroclastici rimaneggiati e poggiano sull'Ignimbrite Campana.

**Unità TL: Tufo litoide e Unità TS - Tufo sfatto:** si tratta di tufo eruttato durante il Primo Periodo Flegreo, anche detto "Ignimbrite Campana"; si presenta da litoide con struttura vacuolare (**unità TL**) a sfatto/pseudo litoide (**Unità TS**), costituito da sabbia limosa con clasti.

**Unità Pb: Depositi piroclastici di base:** si tratta di depositi piroclastici alla base dell'Ignimbrite Campana, sono terreni tufacei scarsamente litoidi in facies cineritica e pomicea, costituiti da sabbie da fini a medie localmente grossolane, in matrice limosa con locale ghiaia.

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	42 di 81

## 6.1 Unità R

L'Unità R - Terreni di riporto e coltre vegetale è costituita da terreno di riporto antropico (Ra) che costituisce il corpo dei rilevati esistenti e del terreno vegetale (Rv) costituito prevalentemente da limo sabbioso debolmente argilloso con resti vegetali e inclusi clasti.

Tale unità si estende tra 1.0m e 5.30m (nel sondaggio S2). Per tale unità non sono stati prelevati campioni e quindi eseguite prove di laboratorio. Un'unica prova SPT realizzata alla profondità di 4m (Rv) ha fornito un numero di colpi pari a 2.

## 6.2 Unità DI

L'unità DI è costituita da limi sabbiosi e sabbie limose piroclastiche rimaneggiate. Tale unità si rinviene in tutti e tre i sondaggi effettuati della campagna del 2015 con spessori che variano da un minimo di 1.5m nel sondaggio S2 ad un massimo di 6.4m nel sondaggio S1.

Nelle successive figure sono riportati i valori con la profondità del numero di colpi N30 fornito dalle prove SPT e delle prove DPSH. Le caratteristiche di resistenza e deformabilità sono state determinate sia correlandole ai valori dell'indice  $N_{spt}$  per terreni incoerenti, sia analizzando i risultati delle prove di laboratorio.

Le prove SPT hanno fornito valori piuttosto dispersi, compresi tra 5 e 15 evidenziando un grado di addensamento sciolto.

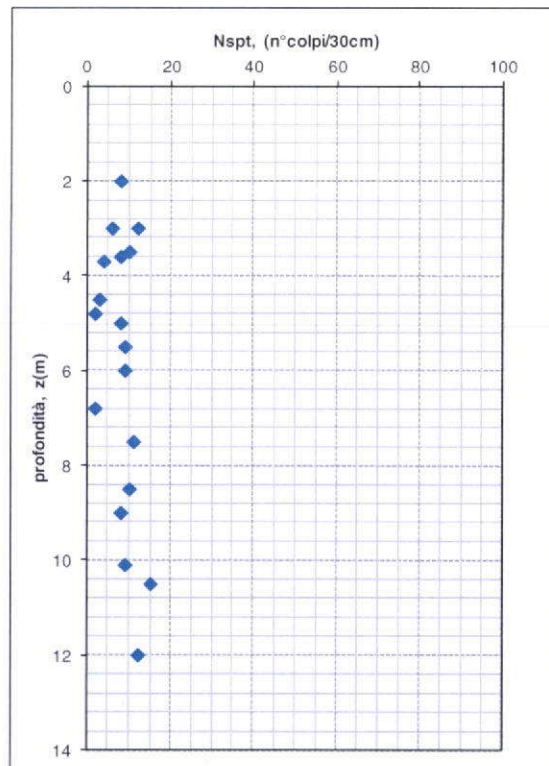


Figura 8 – Nspt - Unità DI

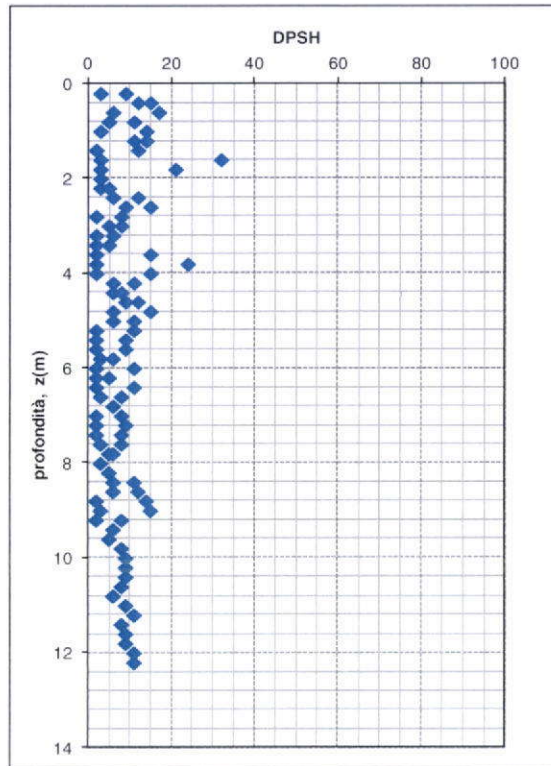


Figura 9 -DPSH - Unità DI

Nella tabella successiva si riportano i risultati delle prove di laboratorio eseguite sull'unità in esame.

**Tabella 5 - Unità DI - Risultati prove di laboratorio - Caratteristiche fisiche**

IDENTIFICAZIONE					CARATTERISTICHE FISICHE							
anno	Sond	Camp.	Prof. media	Litotipo (Raccomandazioni A.G.I. 1977)	$W_n$	$e$	$S_r$	$n$	$\gamma_n$	$\gamma_t$	$\gamma_s$	$\gamma_{sat}$
			m		%		%	%	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
2004	BH5	C1	1.50	Piroclastite sabbiosa-limosa	25.10	0.81	78.96	44.81	17.30	13.84	25.07	18.32
2004	BH5	C2	3.00	Piroclastite limo sabbiosa con inclusei pomicei	36.38	2.07	44.57	67.44	11.04	8.11	24.87	14.84
2004	BH5	C3	6.30	Piroclastite limo sabbiosa	38.89	1.37	71.84	57.73	14.55	10.44	24.75	16.23
2004	BH5	C4	8.00	Piroclastite limo sabbiosa con inclusei pomicei	30.99	0.95	80.68	48.72	16.33	12.43	24.27	17.32
2004	BH5	C5	10.50	Piroclastite limo sabbiosa con inclusei pomicei	30.57	0.91	84.22	47.64	16.79	12.86	24.60	17.64
2004	BH5	C6	15.50	Piroclastite sabbiosa con inclusei	27.46	1.08	62.61	51.88	14.82	11.63	24.11	16.79





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	45 di 81

IDENTIFICAZIONE					CARATTERISTICHE FISICHE							
anno	Sond	Camp.	Prof. media	Litotipo (Raccomandazioni A.G.I. 1977)	W <sub>n</sub>	e	Sr	n	γ <sub>n</sub>	γ <sub>d</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>sat</sub>
			m		%		%	%	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
2015	PZ0	R	1.60	limo sabbioso	23.24					15.16		
2015	PZ00	R	2.00	sabbia limosa con ghiaia								
2015	PZ2	R	1.20	limo sabbioso	18.28					16.21		

Tabella 6 – Unità DI - Risultati prove di laboratorio - Caratteristiche granulometriche e meccaniche

IDENTIFICAZIONE					CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE				CARATT. RESISTENZA		CARATT. DEFORMABILITA'	
anno	Sond	Camp.	Prof. media	Litotipo (Raccomandazioni A.G.I. 1977)	G	S	L	A	Taglio diretto		σ (kPa)	E <sub>ed</sub> (kPa)
			m		%	%	%	%	c' (kPa)	φ (°)	kPa	Kpa
2004	BH5	C1	1.50	Piroclastite sabbiosa-limosa	3.11	48.99	39.44	8.46				
2004	BH5	C2	3.00	Piroclastite limo sabbiosa con inclusi pomicei	22.97	33.26	39.37	4.40				
2004	BH5	C3	6.30	Piroclastite limo sabbiosa	3.09	24.98	70.26	1.67			100-400	11761
2004	BH5	C4	8.00	Piroclastite limo sabbiosa con inclusi pomicei	7.76	19.39	69.21	3.64	0.99	35.54		
2004	BH5	C5	10.50	Piroclastite limo sabbiosa con inclusi pomicei	7.78	35.32	56.32	0.58				
2004	BH5	C6	15.50	Piroclastite sabbiosa con inclusi pomicei	16.71	52.87	29.62	0.80	0.03	38.59		
2004	BH5	L1	20.60	Tufo litoide giallo								
2015	S2	CI1	9.65	depositi piroclastici (ceneri, pomici, lapilli)	0.76	18.78	72.88	7.58	6.10	41.70		
2015	S2	CI2	15.30	Depositati piroclastici (ceneri, pomici, lapilli)	20.47	58.71	18.74	2.08			200-400	50761
2015	S3	CI1	3.65	Depositati piroclastici rimaneggiati	6.14	11.27	66.24	16.35	14.8	31.20		
2015	S3	CI2	22.55	Tufo alterato	69.39	27.80	2.41	0.40			200-400	62696
2015	S2	CI2	15.57	Depositati piroclastici (ceneri, pomici, lapilli)	20.47	58.71	18.74	2.08				11799
2015	S3	CI1	3.85	Depositati piroclastici rimaneggiati	6.14	11.27	66.24	16.35	14.8	31.20		

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	46 di 81

IDENTIFICAZIONE					CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE				CARATT. RESISTENZA		CARATT. DEFORMABILITA'	
anno	Sond	Camp.	Prof. media	Litotipo (Raccomandazioni A.G.I. 1977)	G	S	L	A	Taglio diretto		$\sigma$ (kPa)	$E_{cd}$ (kPa)
					%	%	%	%	$c'$ (kPa)	$\phi$ ( $^{\circ}$ )	kPa	Kpa
2014	S19A	C1	3.00	limo sabbioso deb. Ghiaioso	10.69	18.67	70.60	0.04	4.6	27.70		
2014	S19A	C3	8.50	limo deb sabbioso, molto consistente	3.87	14.02	77.73	4.38				
2014	S23A	C1	3.10	Sabbia con limo deb. Ghiaiosa	10.72	59.74	27.81	1.73				
2014	S23A	C2	6.30	Sabbia con limo ghiaiosa	22.99	46.29	29.52	1.20	16.8	35.30		
2014	S20PZ	C1	9.00	limo con sabbia fine duro	0.77	28.82	70.41	0.00	30.2	24.90		7911
2014	S20PZ	A	3.50	Materiale piroclastico costituito da limo sabbioso debbolmente ghioso con argillo	6.06	15.62	76.72	1.60				
2014	S20PZ	B	11.00	limo con sabbia	0.92	30.48	67.88	0.72				
2014	S20PZ	C	15.70	materiale piroclastico costituito da sabbia con ghiaia limosa con argilla	35.70	40.44	20.33	3.53				
2014	S20PZ	D	26.00		20.45	40.23	37.81	1.51				
2015	S21	R	2.60	sabbia con limo debolmente ghiaiosa	11.42	43.45	41.06	4.08				
2015	S21	IND	5.50	sabbia con ghiaia debolmente limosa	31.87	30.80	35.6	1.73	25.4	37.4	100	6361
2015	S21	IND	8.00	sabbia debolmente limosa	5.38	30.94	57.27	6.41	14.4	34.4	200	9804
2015	S21	R	10.50	sabbia limosa	4.04	70.42						
2015	S21	R	12.00	sabbia con limo ghiaiosa	0.21	67.99						
2015	S21	R	14.60	sabbia con limo ghiaiosa	14.99	50.84	33	1.17				
2015	S21	R	18.00	sabbia con ghiaia limosa	33.81	42.78						
2015	S21	R	21.00	ghiaia con sabbia limosa	43.62	37.45						
2015	S21	R	24.00	ghiaia con sabbia debolmente limosa	50.30	33.97						
2015	PZ0	R	1.60	limo sabbioso	2.24	20.64	72.5	4.62				
2015	PZ00	R	2.00	sabbia limosa con ghiaia	6.57	57.14	33.19	7.31				
2015	PZ2	R	1.20	limo sabbioso	5.36	39.86	51.16	3.62				

### 6.2.1 Caratteristiche granulometriche

Nella Figura 10 sono riportate le caratteristiche granulometriche dei terreni appartenenti all'unità DI. I campioni presentano un contenuto percentuale di argilla compreso tra lo 0% e 16.35% con un valore medio di circa 4.45%. Il contenuto di limo è compreso tra il 28 ed il 77.7% (valore medio 54.58%), mentre il contenuto di sabbia è compreso tra 11.3 ed il 70.4% (valore medio 35.45%). Il contenuto di ghiaia risulta tra 1 e 32% (valore medio 8.3%).

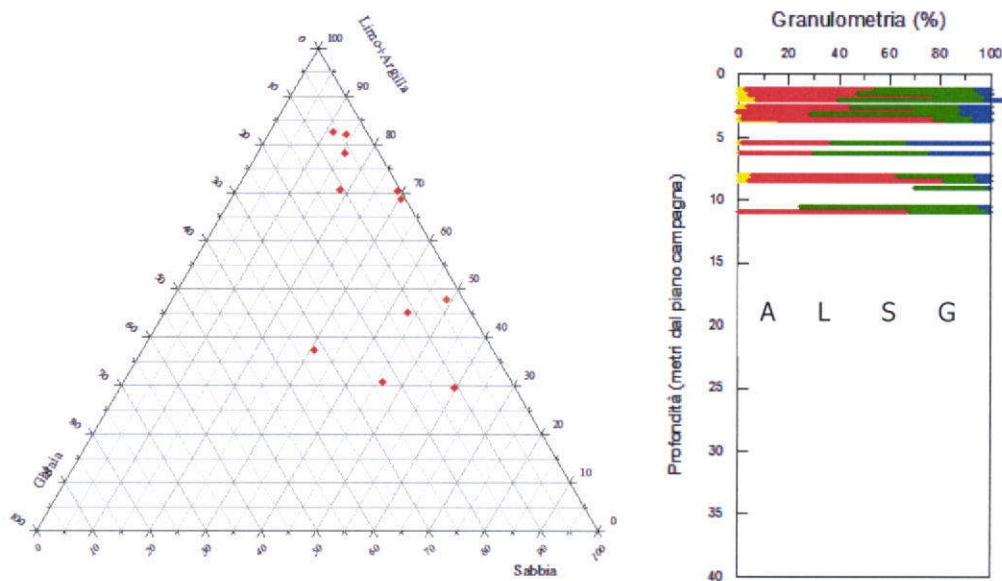


Figura 10 –Caratteristiche granulometriche - Unità DI

### 6.2.2 Caratteristiche fisiche e indici di consistenza

In condizioni di umidità naturale il peso di unità di volume è risultato compreso tra 15 e 18.7 kN/m<sup>3</sup>, con un valore medio pari a circa 16.5 kN/m<sup>3</sup> (Figura 11).

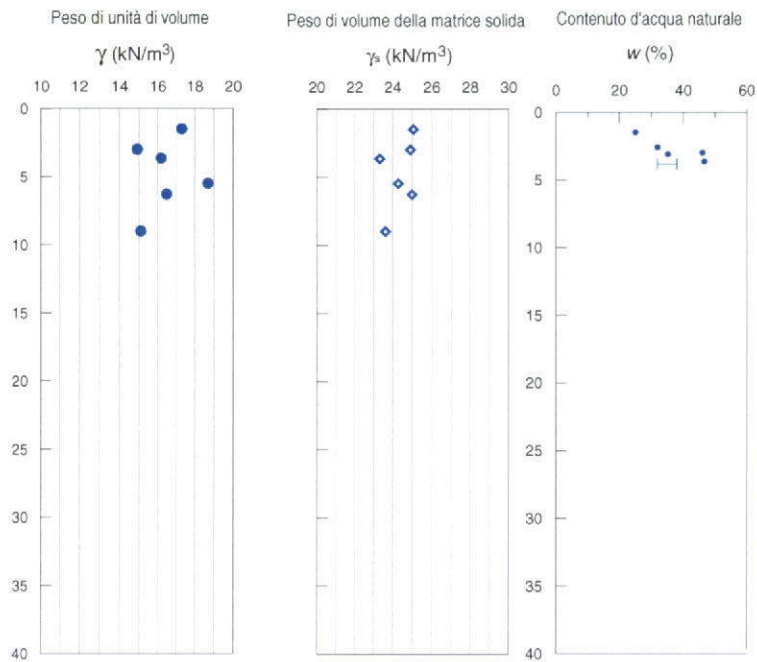


Figura 11 –Proprietà Indice - Unità DI

Il contenuto in acqua  $w$  è variabile tra il 25 ed il 47% con un valore medio pari a circa il 37%. I limiti di Liquidità, Plasticità e dell'Indice di Plasticità, determinati su due campioni hanno evidenziato valori pari rispettivamente a 33.5, 28.5 e 5%.

### 6.2.3 Resistenza al taglio

Le caratteristiche di resistenza del terreno, in termini di tensioni efficaci, sono state determinate mediante prove di taglio diretto (TD).

Per i terreni in oggetto sono state eseguite n.5 prove di taglio diretto su campioni prelevati a profondità comprese tra 3 e 5.5m. Le prove hanno fornito valori della coesione efficace compresi tra 5 e 25.4kPa e valori dell'angolo di attrito compresi 27.7° e 37.4°. Fa eccezione la prova eseguita sul campione prelevato alla profondità di 9m che ha evidenziato una coesione efficace di 30 kPa ed un angolo di attrito di 24.9°.



PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	49 di 81

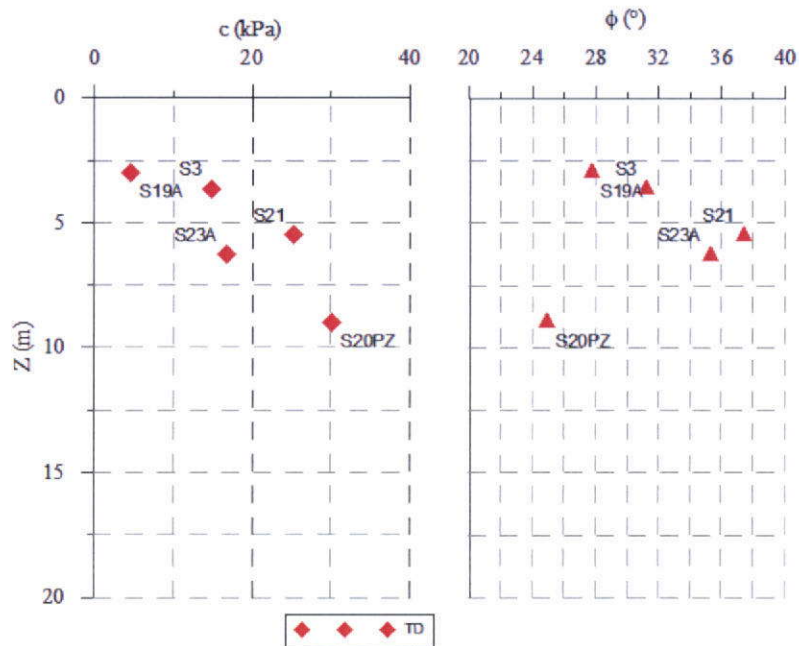


Figura 12 -Caratteristiche meccaniche - Unità DI

Utilizzando invece le correlazioni proposte da De Mello, Sowers, RBS e Meyerhof (> 5% limo) per terreni incoerenti con contenuto di fino, i valori dell'angolo di attrito risultano mediamente compresi tra 25° e 30°.

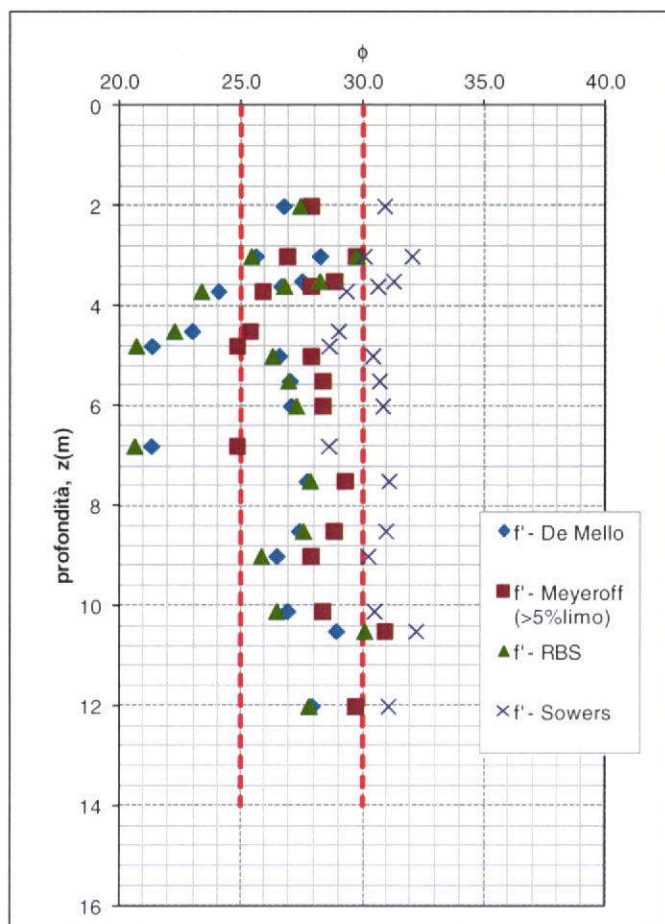


Figura 13 – Angolo d'attrito - Unità DI

#### 6.2.4 Deformabilità

Per i terreni appartenenti a queste unità è stata eseguita un'unica prova edometrica, che ha fornito un valore del modulo elastico pari a 7911 kPa. Le caratteristiche di deformabilità valutate invece attraverso le correlazioni con l'indice  $N_{SPT}$  proposte da Schermetmann, Webb e Denver hanno fornito valori medi compresi tra 4 e 8 MPa.

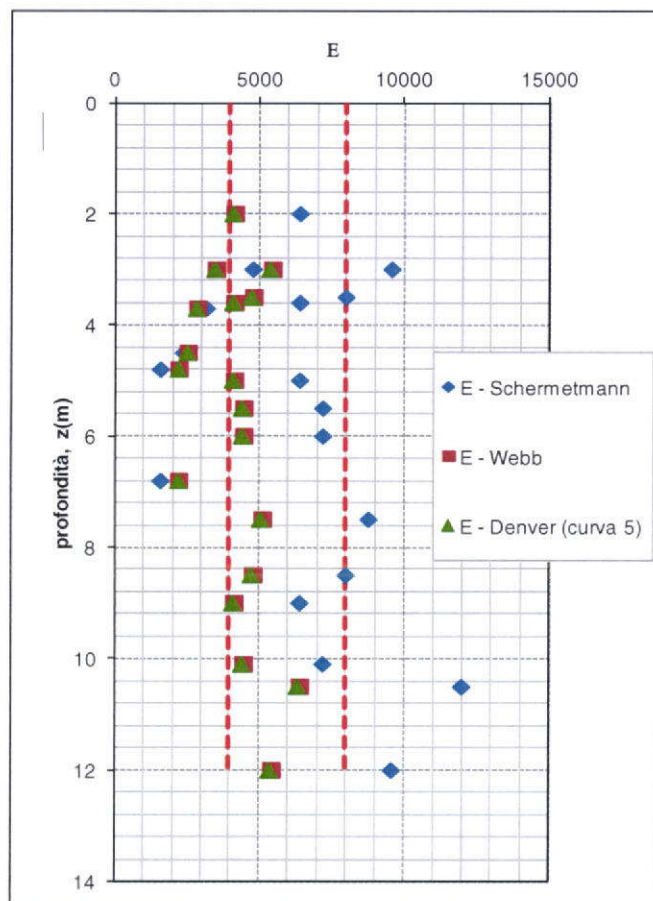


Figura 14 – Modulo elastico - Unità DI

Dai risultati della prova Down Hole eseguita all'interno del sondaggio S3 possono essere ricavati i parametri di deformabilità dinamici, attraverso le relazioni:

$$G_0 = \gamma_t \cdot V_s^2 / 9.81$$

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

dove  $\gamma_t$  è il peso di volume (kPa) e  $\nu'$  il coefficiente di Poisson.

Per l'unità in esame in esame la prova geofisica ha evidenziato una velocità delle onde di taglio compresa tra 170 e 200 m/s. Considerando un peso di volume di 16 kN/m<sup>3</sup> ed un coefficiente di Poisson pari a 0.30, si ricava un modulo di taglio iniziale  $G_0$  compreso tra 47 e 65MPa ed un modulo di Young iniziale  $E_0$  compreso tra 120 e 170MPa.

Una volta determinato il modulo di Young iniziale  $E'_0$ , i valori dei moduli operativi possono essere determinati in funzione del livello deformativo distorsionale tipico del problema in esame.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	52 di 81

Di norma, si assume un modulo operativo  $E'_{op,1} = E_o/3 \div E_o/5$  per il calcolo dei cedimenti/spostamenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette e  $E'_{op,2} = E_o/10$  per l'analisi dei cedimenti dei rilevati. I valori così determinati risultano comunque maggiori di quelli valutati con le indagini in sito.

### 6.2.5 Permeabilità

La prova Lefranc eseguita nel sondaggio S23a a profondità compresa tra 3.1 e 4.5m ha evidenziato un coefficiente di permeabilità di  $7.77e-7$  m/s, la prova eseguita nel sondaggio S20, a profondità di 10.5m, ha evidenziato un coefficiente di permeabilità di  $2.48 e-6$  m/s, mentre la prova eseguita nel sondaggio S21 ha evidenziato un coefficiente di permeabilità di  $4,88 \times 10^{-6}$  m/s.

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	53 di 81

### 6.3 Unità Po

L'unità Po è costituita da depositi piroclastici sabbiosi formati da lapilli, ceneri vulcaniche, pomici. Essi sono costituiti da sabbie da fini a medie a grossolane in matrice limosa debolmente argillosa con presenza di locali livelli ghiaiosi. Tale unità si rinviene in tutti e tre i sondaggi effettuati della campagna del 2015 con spessori di circa 6 m.

Nelle successive figure sono riportati i valori con la profondità del numero di colpi N30 fornito dalle prove SPT e delle prove DPSH.

Le prove SPT hanno fornito valori compresi tra 2 e 30, evidenziando un grado di addensamento medio.

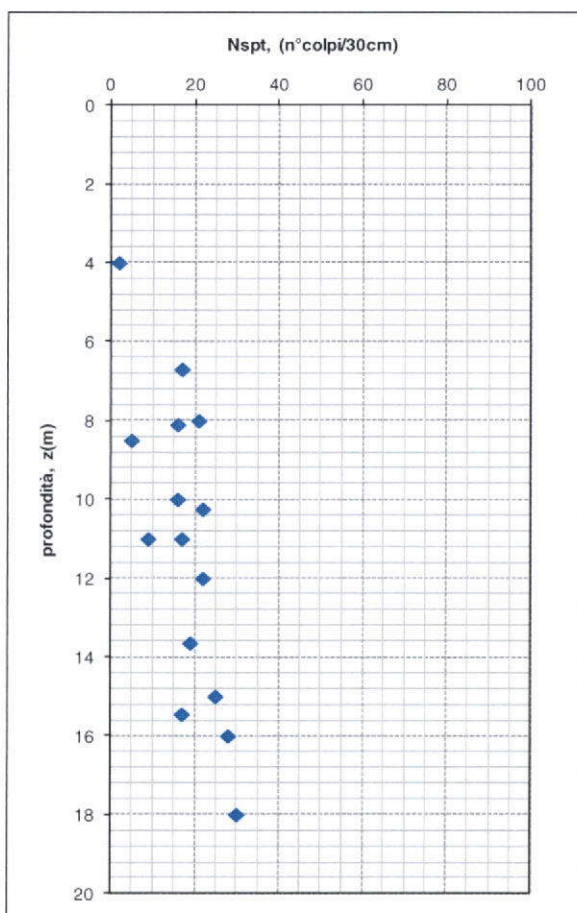


Figura 15 – Nspt - Unità Po

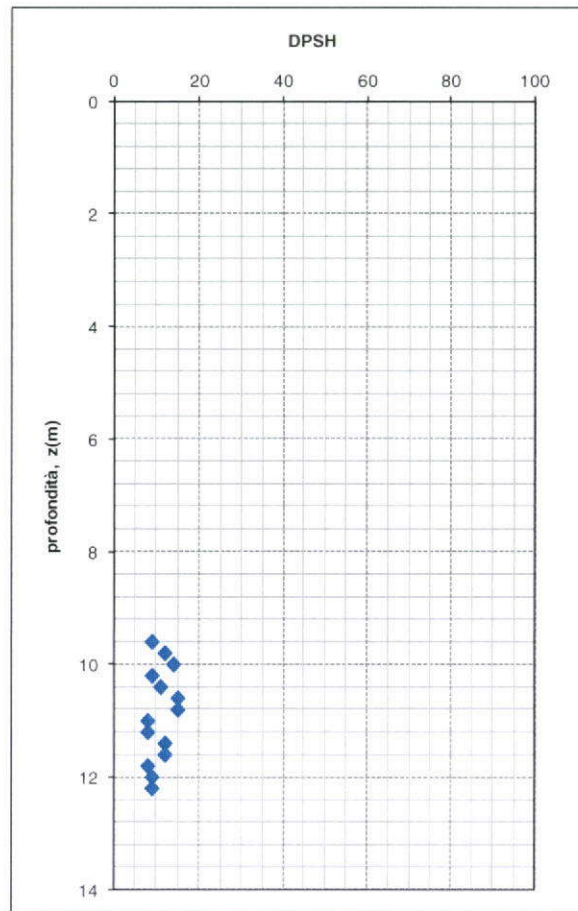


Figura 16 – DPSH - Unità Po

Nella tabella successiva si riportano i risultati delle prove di laboratorio eseguite su campioni prelevati sull'unità in esame.

Tabella 7 – Unità Po - Risultati prove di laboratorio - Caratteristiche fisiche

IDENTIFICAZIONE					CARATTERISTICHE FISICHE								
area	Sond	Camp.	Prof. media	Litotipo (Raccomandazioni A.G.I. 1977)	$W_n$	e	$S_r$	n	$\gamma_n$	$\gamma_d$	$\gamma_s$	$\gamma_{sat}$	
			m										%
2004	BH5	C2	3	Piroclastite limo sabbiosa con inclusi pomicei	Po	36.38	2.07	44.57	67.437	11.04	8.11	24.87	14.84

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00.00.001	A	55 di 81

IDENTIFICAZIONE					CARATTERISTICHE FISICHE								
area	Sond	Camp.	Prof. media	Litotipo (Raccomandazioni A.G.I. 1977)	W <sub>n</sub>	e	Sr	n	γ <sub>n</sub>	γ <sub>d</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>sat</sub>	
			m										%
2004	BH5	C3	6.3	Piroclastite limo sabbiosa	Po	38.89	1.37	71.84	57.735	14.55	10.44	24.75	16.23
2004	BH5	C4	8	Piroclastite limo sabbiosa con inclusi pomicei	Po	30.99	0.95	80.68	48.718	16.33	12.43	24.27	17.32
2004	BH5	C5	10.5	Piroclastite limo sabbiosa con inclusi pomicei	Po	30.57	0.91	84.22	47.644	16.79	12.86	24.6	17.64
2004	BH5	C6	15.5	Piroclastite sabbiosa con inclusi pomicei	Po	27.46	1.08	62.61	51.877	14.82	11.63	24.11	16.79
2015	S2	CI1	9.65	depositi piroclastici (ceneri, pomici, lapilli)	Po	44.31				16.48	11.69	22.75	
2015	S2	CI2	15.3	Depositi piroclastici (ceneri, pomici, lapilli)	Po	39.93				16.87	12.06	24.03	

**Tabella 8 – Unità Po - Risultati prove di laboratorio - Caratteristiche granulometriche e meccaniche**

IDENTIFICAZIONE					CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE				CARATT. RESISTENZA		CARATT. DEFORMABILITA'	
area	Sond	Camp.	Prof. media	Litotipo (Raccomandazioni A.G.I. 1977)	G	S	L	A	Taglio diretto		σ	E <sub>ed</sub>
			m						%	%		
2004	BH5	C2	3	Piroclastite limo sabbiosa con inclusi pomicei	Po	22.97	33.26	39.37	4.4			
2004	BH5	C3	6.3	Piroclastite limo sabbiosa	Po	3.09	24.98		1.67		100-400	11761
2004	BH5	C4	8	Piroclastite limo sabbiosa con inclusi pomicei	Po	7.76	19.39	69.21	3.64	0.99	35.54	
2004	BH5	C5	10.5	Piroclastite limo sabbiosa con inclusi pomicei	Po	7.78	35.32	56.32	0.58			
2004	BH5	C6	15.5	Piroclastite sabbiosa con inclusi pomicei	Po	16.71	52.87	29.62	0.8	0.03	38.59	
2015	S2	CI1	9.65	depositi piroclastici (ceneri, pomici, lapilli)	Po	0.76	18.78	72.88	7.58	6.1	41.7	

IDENTIFICAZIONE						CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE				CARATT. RESISTENZA		CARATT. DEFORMABILITA'	
area	Sond	Camp.	Prof. media m	Litotipo (Raccomandazioni A.G.I. 1977)		G	S	L	A	Taglio diretto		$\sigma$	$E_{cd}$
						%	%	%	%	$c'$ (kPa)	$\phi$ (°)	kPa	Kpa
2015	S2	CI2	15.3	Depositi piroclastici (ceneri, pomici, lapilli)	Po	20.47	58.71	18.74	2.08			200-400	50761
2014	S20PZ	C	15.7	materiale piroclastico costituito da sabbia con ghiaia limosa con argilla	Po	35.7	40.44	20.33	3.53				
2014	S20PZ	D	26		Po	20.45	40.23	37.81	1.51				

### 6.3.1 Caratteristiche granulometriche

Nella figura seguente sono riportate le caratteristiche granulometriche dei terreni appartenenti all'unità Po. I campioni presentano un contenuto percentuale di argilla compreso tra lo 0.5% e 7.6% con un valore medio di circa 2.9%. Il contenuto di limo è compreso tra il 18.7 ed il 73% (valore medio 43%), mentre il contenuto di sabbia è compreso tra 18.8 ed il 58.7% (valore medio 36.0%). Il contenuto di ghiaia risulta tra 0.7 e 35.7% (valore medio 15%).

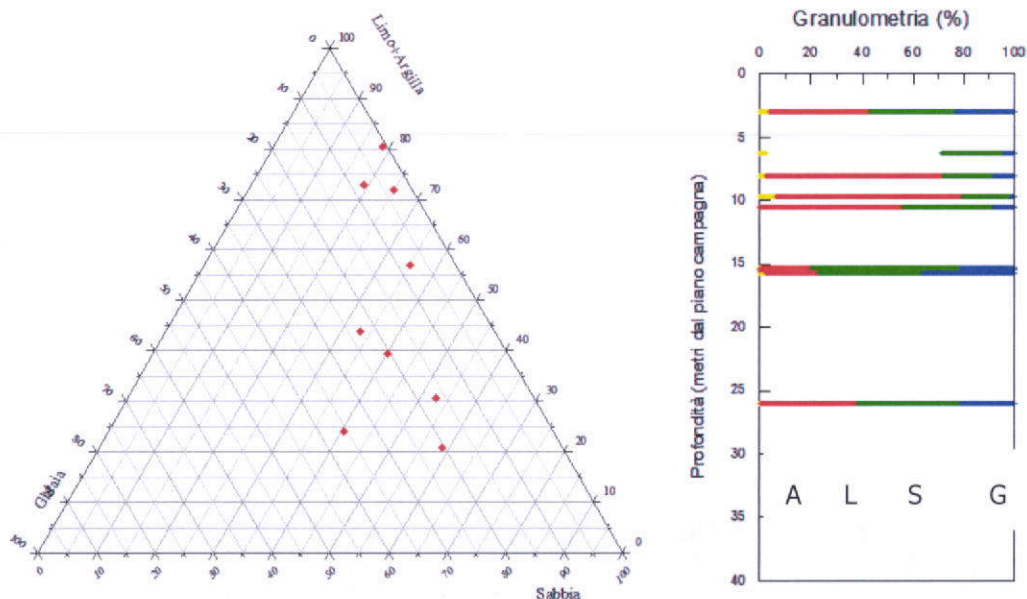


Figura 17 -Caratteristiche granulometriche - Unità Po



### 6.3.2 Caratteristiche fisiche e indici di consistenza

In condizioni di umidità naturale il peso di unità di volume è risultato compreso tra 11 e 17 kN/m<sup>3</sup>, con un valore medio pari a circa 15.3 kN/m<sup>3</sup>.

Il contenuto in acqua  $w$  è variabile tra il 27.5 ed il 44.3% con un valore medio pari a circa il 35.5%. I limiti di Liquidità, Plasticità e dell'Indice di Plasticità non sono stati determinati.

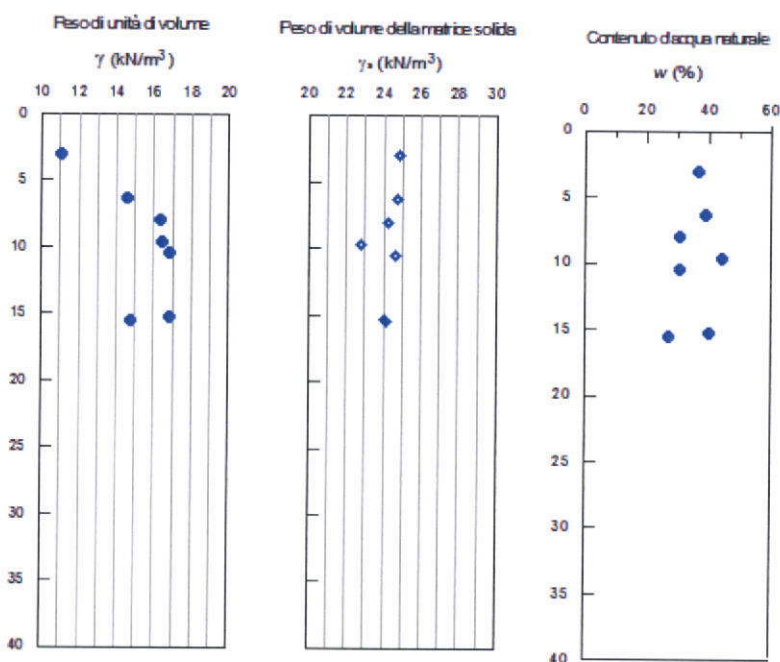


Figura 18 – Proprietà Indice - Unità Po

### 6.3.3 Resistenza al taglio

Le caratteristiche di resistenza del terreno, in termini di tensioni efficaci, sono state determinate mediante prove di taglio diretto (TD). Per i terreni in oggetto sono state eseguite n.3 prove di taglio diretto su campioni prelevati a profondità comprese tra 8 e 15.5m. Le prove hanno fornito valori della coesione efficace compresi tra 0 e 6 kPa (valore medio 2kPa) e valori dell'angolo di attrito compresi 35.5° e 41.7° (valore medio 38.6°).



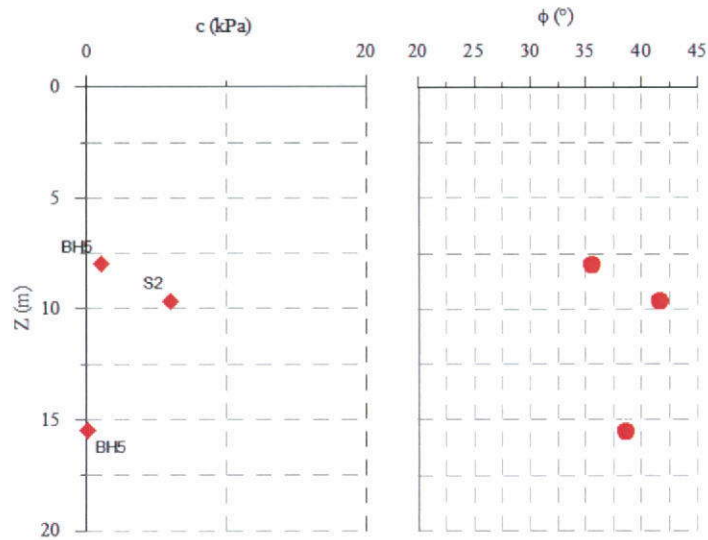


Figura 19 –Caratteristiche meccaniche - Unità Po

Utilizzando le correlazioni empiriche proposte da De Mello, Sowers, RBS e Meyerhoff (> 5% limo) per terreni incoerenti i valori medi dell'angolo di attrito risultano mediamente compresi tra  $28^\circ$  e  $34^\circ$ . Si evidenzia un leggero incremento dell'angolo di attrito con la profondità.

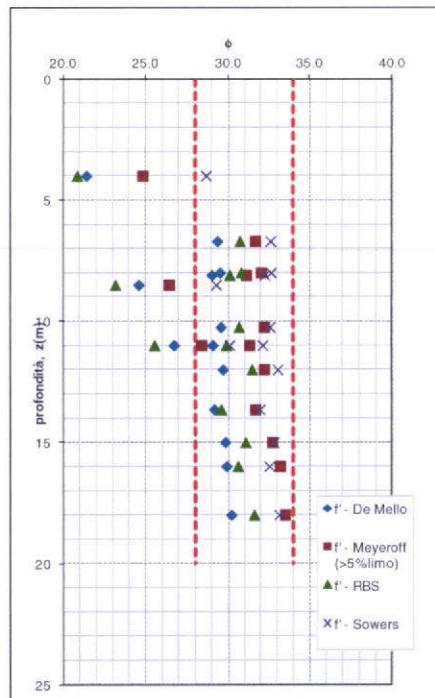


Figura 20 –Angolo d'attrito - Unità Po

#### 6.3.4 Deformabilità

Per la valutazione delle caratteristiche di deformabilità si è fatto riferimento ai risultati delle due prove edometriche sui campioni prelevati nel sondaggio BH5 e nel sondaggio S2.

La prova edometrica condotta sul campione C3 del sondaggio BH5 prelevato a profondità 6.3 ha restituito un valore di  $E_{ed}=11761\text{kPa}$  ( $\sigma=100\text{-}400\text{kPa}$ )

La prova edometrica condotta sul campione CI2 del sondaggio S2 prelevato a profondità 15.3 ha restituito un valore di  $E_{ed}=54116\text{kPa}$  ( $\sigma=200\text{-}400\text{kPa}$ ).

Le caratteristiche di deformabilità valutate attraverso le correlazioni con l'indice  $N_{SPT}$  proposte da Schermetmann, Webb e Denver hanno fornito valori medi compresi tra 6 e 15 MPa, evidenziando un lieve incremento del modulo con la profondità.

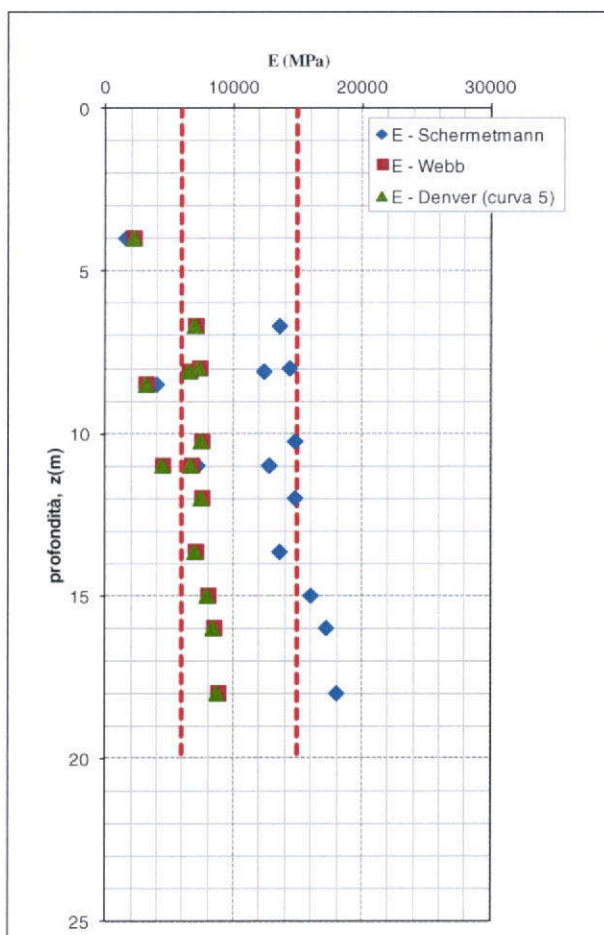


Figura 21 - Modulo elastico - Unità Po



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	60 di 81

Per l'unità in esame in esame la prova geofisica hanno evidenziato una velocità delle onde di taglio pari a circa 280 m/s. Considerando un peso di volume di  $16 \text{ kN/m}^3$  ed un coefficiente di Poisson pari a 0.30, si ricava un modulo di taglio iniziale  $G_0$  pari circa a 127MPa ed un modulo di Young iniziale  $E_0$  pari circa a 332 MPa.

Una volta determinato il modulo di Young iniziale  $E'_0$ , i valori dei moduli operativi possono essere determinati in funzione del livello deformativo distorsionale tipico del problema in esame.

Di norma, si assume un modulo operativo  $E'_{op,1} = E_0/3 \div E_0/5$  per il calcolo dei cedimenti/spostamenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette e  $E'_{op,2} = E_0/10$  per l'analisi dei cedimenti dei rilevati. I valori così determinati risultano comunque maggiori di quelli valutati con le indagini in sito.

### 6.3.5 Permeabilità

La prova edometrica eseguita sul campione C3 del sondaggio BH5 prelevato a profondità 6.3m ha restituito un valore del coefficiente di permeabilità pari a  $1.5e-6 \text{ m/s}$ .

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	61 di 81

#### 6.4 Unità TL-Unità TS

L'unità TL-TS è costituita da Ignimbrite Campana, che presenta una struttura da vacuolare (Unità TL) a sfatta/pseudolitoide (Unità TS).

Tale unità si rinviene in tutti e tre i sondaggi effettuati della campagna del 2015 al di sotto dell'unità Po.

Nelle successive figure sono riportati i valori con la profondità del numero di colpi N30 fornito dalle prove SPT.

Per l'unità TS le prove SPT hanno fornito compresi tra 20 e 80, evidenziando un grado di addensamento alto. Le prove SPT eseguite invece sul tufo litoide (TL) sono andate a rifiuto.

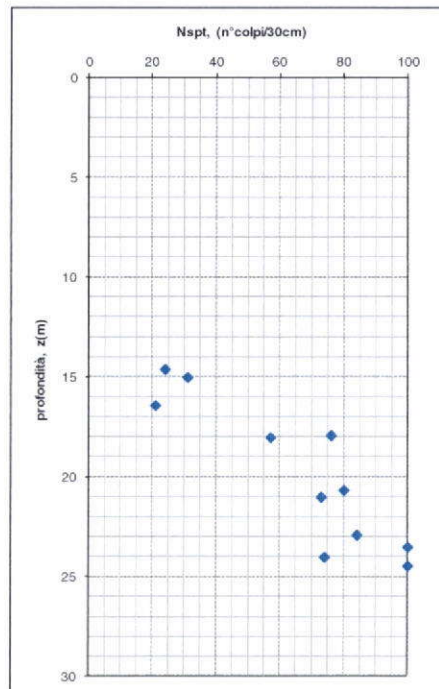


Figura 22 -Nspt - Unità TS-TL

Per l'unità TS, sono stati prelevati due campioni dal sondaggio S3 (CI2) e S21(R), su cui sono state effettuate le prove riportate nella tabella seguente

IDENTIFICAZIONE					CARATTERISTICHE FISICHE				CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE				CARATTERISTICHE EDOMETRICHE	
area	Sond	Camp.	Prof. media	Litotipo (Raccomandazioni A.G.I. 1977)	$W_n$	$\gamma_n$	$\gamma_d$	$\gamma_s$	G	S	L	A	$\sigma$	$E_{ed}$
			m		%	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	%	%	%	%	kPa	Kpa
2015	S3	CI2	22.55	Tufo alterato	41.8 3	15.36	10.69	22.36	69.39	27.8	2.41	0.4	200-400	62696
2015	S21	R	18	sabbia con ghiaia limosa					33.81	42.7 8				

All'interno dell'unità TL, invece, è stato prelevato un campione dal sondaggio BH5 alla profondità di 20.60m, su cui è stata eseguita una prova di compressione semplice che ha restituito un valore di  $\sigma_c=3195\text{kPa}$  e un  $\gamma_n=17.32\text{ kN/m}^3$ .

#### 6.4.1 Resistenza al taglio

Per il tufo sfatto (Unità TS) le caratteristiche di resistenza sono state determinate utilizzando le correlazioni empiriche proposte da Sowers, per terreni incoerenti. I valori dell'angolo di attrito risultano compresi tra 32° e 38°.

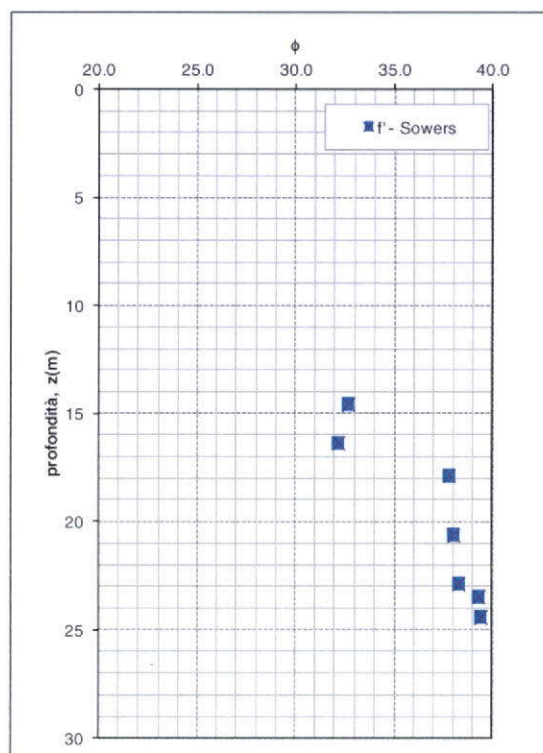


Figura 23 – Angolo di attrito - Unità TS-TL

#### 6.4.2 Deformabilità

Per l'unità TS (tufo sfatto) la prova edometrica condotta sul campione CI2 del sondaggio S3, prelevato a profondità 22.5m, ha restituito un valore di  $E_{ed}=62696\text{kPa}$  ( $\sigma=200\text{-}400\text{kPa}$ ).

Utilizzando le correlazioni empiriche con con l'indice  $N_{SPT}$  proposte da D'Appollonia e Denver il modulo elastico risulta compreso tra 30 e 35 MPa per le zone caratterizzate da  $N_{spt}$  tra 20 e 25 e compreso tra 53 e 57 MPa per le zone caratterizzate da valori dell'indice  $N_{spt}$  superiori a 75.

Per il tufo litoide (unità TL) la prova geofisica ha evidenziato una velocità delle onde di taglio di 548 m/s. E' stato ricavato quindi un modulo di taglio iniziale  $G_0$  pari circa a 530MPa ed un modulo di Young iniziale  $E_0$  pari circa a 1376MPa.

Una volta determinato il modulo di Young iniziale  $E'_0$ , i valori dei moduli operativi possono essere determinati in funzione del livello deformativo distorsionale tipico del problema in esame.

Di norma, si assume un modulo operativo  $E'_{op,1} = E_0/3 \div E_0/5$  per il calcolo dei cedimenti/spostamenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette e  $E'_{op,2} = E_0/10$  per l'analisi dei cedimenti dei rilevati. I valori così determinati risultano comunque maggiori di quelli valutati con le indagini in sito.





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	64 di 81

## 6.5 Unità Pb

L'unità Pb è costituita da depositi piroclastici alla base dell'Ignimbrite Campana, formata da sabbie fini a medie localmente grossolane, in matrice limosa con locale ghiaia. Per tale unità non sono disponibili prove di laboratorio e sono state eseguite prove SPT solo nel sondaggio 7-S31 e nel sondaggio S21 ubicato esternamente alla linea ferroviaria Variante Cannello. Per la caratterizzazione di tale unità si è fatto riferimento a quanto riportato nella "Relazione geotecnica rilevati e trincee viabilità NA\_CA\_00" allegata al Progetto Definitivo dell'itinerario Napoli-Bari - Variante linea Cannello - Napoli..

### *Unità Pb – Piroclastiti di base sabbioso limose*

$$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$$

*peso di volume naturale*

$$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$$

*coesione drenata*

$$\phi' = 35 \div 37^\circ$$

*angolo di resistenza al taglio*

$$V_s = 380 \div 550 \text{ m/s}$$

*velocità delle onde di taglio*

$$G_o = 235 \div 490 \text{ MPa}$$

*modulo di deformazione a taglio iniziale*

$$E_o = 600 \div 1280 \text{ MPa}$$

*Modulo di deformazione elastico iniziale*



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	65 di 81

## 7 STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO

Il sito dove sono previste le opere in progetto è caratterizzato da una sequenza stratigrafica omogenea, costituita mediamente da terreni di natura piroclastica a comportamento prevalentemente incoerente. Sulla base delle indagini effettuate la successione stratigrafica può essere così descritta:

1. **Unità R - Terreni di riporto e coltre vegetale.** Si tratta di terreno di riporto antropico (**Ra**) che costituisce il corpo dei rilevati esistenti e del terreno vegetale (**Rv**) costituito prevalentemente da limo sabbioso debolmente argilloso con resti vegetali e inclusi clasti.
2. **Unità DI: Depositi piroclastici rimaneggiati.** Si tratta di sabbie limose piroclastiche rimaneggiate in ambiente continentale per azione di acque fluviali e di antiche conche lacuali e palustri, talora con presenza di orizzonti torbosi e tracce di paleosuoli. L'unità si rinviene in genere al di sotto del riporto.
3. **Unità Po: Depositi piroclastici recenti.** Si tratta di depositi piroclastici sabbiosi di età eruttiva flegrea e vesuviana (Olocene storico e recente) formati da lapilli, ceneri vulcaniche, pomice con locali tracce di paleosuoli. Sono costituiti da sabbie da fini a medie a grossolane in matrice limosa debolmente argillosa con presenza di locali livelli ghiaiosi. Si trovano lungo tutto il tracciato sotto il riporto e sotto gli eventuali spessori di depositi piroclastici rimaneggiati e poggiano sull'Ignimbrite Campana.
4. **Unità TL: Tufo litoide e Unità TS – Tufo sfatto:** si tratta di tufo eruttato durante il Primo Periodo Flegreo, anche detto "Ignimbrite Campana"; si presenta da litoide con struttura vacuolare (**unità TL**) a sfatto/pseudo litoide (**Unità TS**), costituito da sabbia limosa con clasti.
5. **Unità Pb: Depositi piroclastici di base:** si tratta di depositi piroclastici alla base dell'Ignimbrite Campana, sono terreni tufacei scarsamente litoidi in facies cineritica e pomicea, costituiti da sabbie da fini a medie localmente grossolane, in matrice limosa con locale ghiaia.

Lungo il tracciato dei diversi rami di viabilità lo spessore delle diverse unità è diverso da zona a zona. Nel seguito vengono riportati i profili geotecnici con lo spessore delle diverse unità. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici allegati a progetto



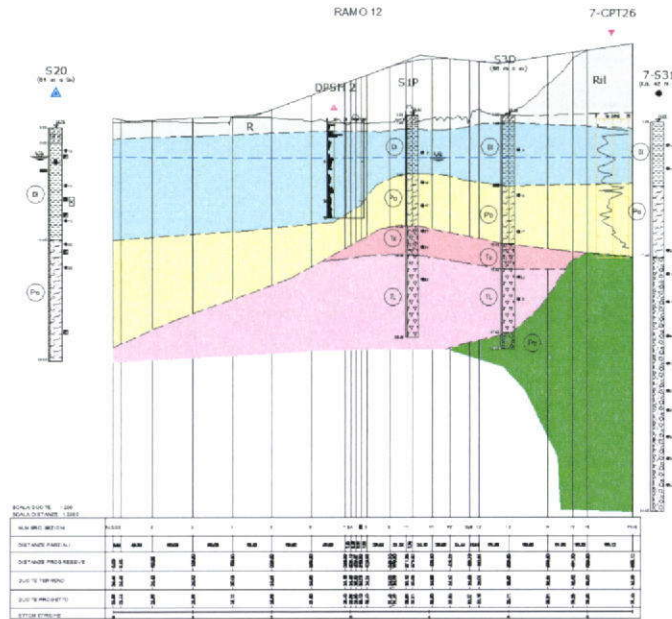
LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

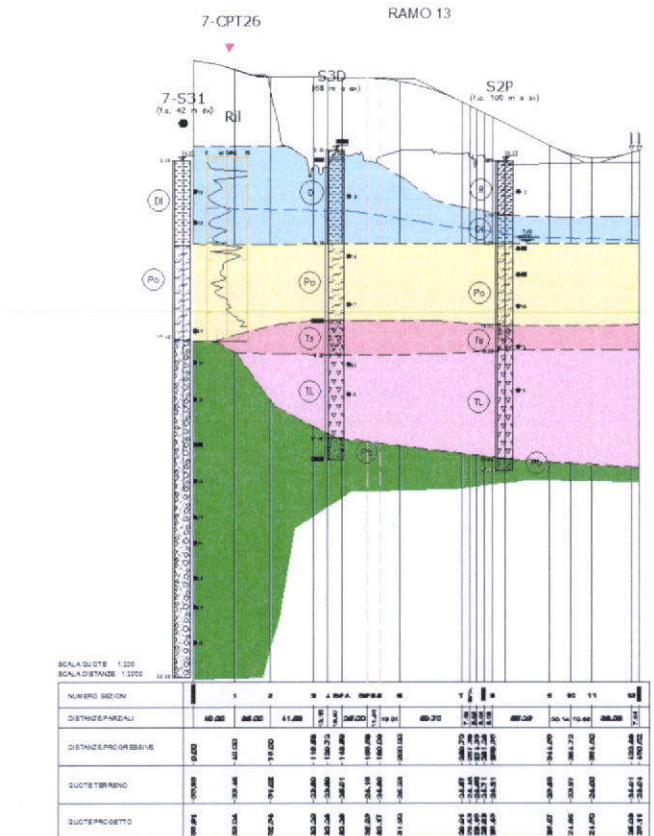
RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	66 di 81

**Ramo 12**



**Ramo 13**





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

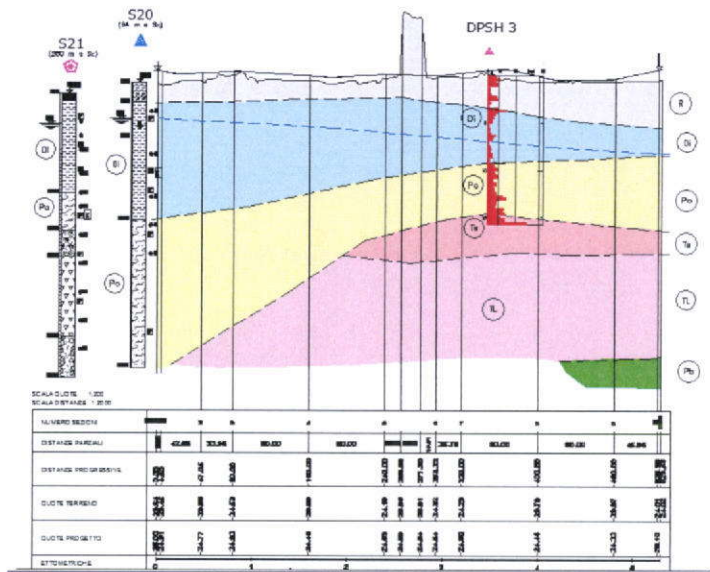
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	67 di 81

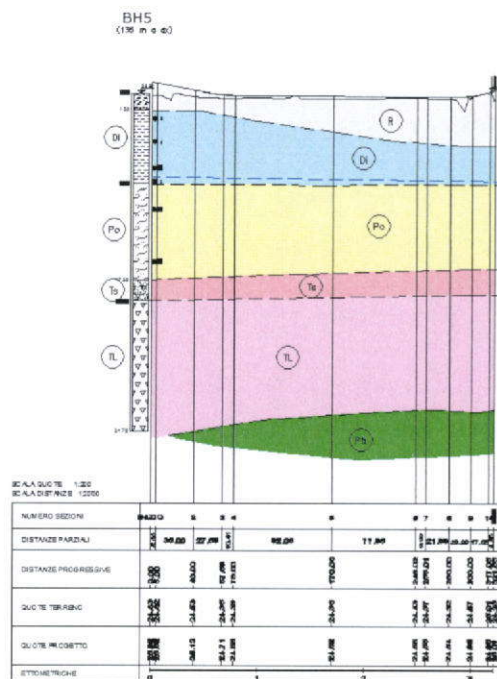
**Ramo 14**

RAMO 14



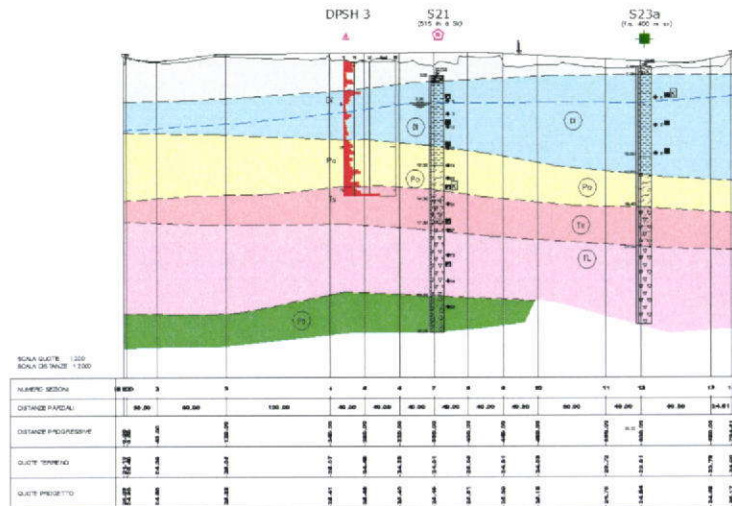
**Ramo 5A**

RAMO 5A



**Ramo 5B**

RAMO 5B



Il livello della falda è stato definito sulla base dei livelli piezometrici misurati a fine carotaggio nei sondaggi S1, S2 e S3 eseguiti a supporto della presente progettazione:

Sondaggio S1: Livello piezometrico a fine sondaggio a 5,5 m da p.c.

Sondaggio S2: Livello piezometrico a fine sondaggio da -6.80 a -7.40 m da p.c.

Sondaggio S3: Livello piezometrico a fine sondaggio da 5,5 a 6,4 m da p.c.

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici delle diverse unità geotecniche.

	Unità	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi$ (°)	k m/s	$E_0$ (MPa)
1	Ra	19-20	0	30 - 35	-	200-400
	Rv	17 - 19	0	25 - 30	-	50-200
2	DI	15-17	5 - 15	27 - 32	1e-6 - 1e-7	120-170
3	Po	15-17	0 - 5	32 - 37	1e-5 - 1e-6	170-340
4	TS	15 - 17	0 - 10	35 - 38	-	300 - 600
5	TL	16 - 18	50 - 100	35 - 40	-	1300 - 1500
6	Pb	15-17	0 - 5	35-37	-	600-1280

Per il modulo di elasticità si è fatto riferimento ai valori modulo di Young iniziale  $E'_0$ , a piccole deformazioni; i valori dei moduli operativi possono essere determinati in funzione del livello deformativo distorsionale tipico del problema in esame.

Di norma, si assume un modulo operativo  $E'_{op,1} = E_0/3 \div E_0/5$  per il calcolo dei cedimenti/spostamenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette e  $E'_{op,2} = E_0/10$  per l'analisi dei cedimenti dei rilevati.

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

Sulla base di una stima ragionata e cautelativa i parametri fisico-meccanici delle unità individuate sono espressi come valori caratteristici. I parametri di progetto per le verifiche delle opere, secondo l'approccio considerato, sono determinati dai parametri caratteristici applicando i coefficienti parziali  $\gamma_M$  di seguito riportati. Si rimanda alle relazioni di calcolo delle opere per la determinazione dei parametri di progetto.

**Tabella 9 – Coefficienti parziali dei parametri geotecnici**

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\phi$	1.0	1.25
Coestione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$c_{sk}$	$\gamma_{cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_r$	1.0	1.0



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	70 di 81

## 8 PIANO DI POSA

In seguito all'esecuzione dei pozzetti esplorativi e con riferimento alle indagini ad oggi disponibili, sono stati definiti gli spessori di terreno vegetale e quindi il trattamento idoneo per la formazione del piano di posa.

Lo spessore minimo per la formazione del rilevato stradale è di 0.50 (scotico): dovrà comunque essere asportato tutto lo spessore di terreno vegetale. Qualora, raggiunto il piano di posa previsto, si rinvenisse ancora coltre vegetale o comunque terreno rammollito, non idoneo ai requisiti progettuali quale piano di posa, si dovrà provvedere a bonifica e sostituzione con materiale idoneo.

sigla	spessore vegetale (m)
Pz P0	0.9
Pz P00	0.7
Pz P000	0.9
Pz1	0.9
Pz2	0.7
Pz3	0.6
Pz4	0.4

Per la viabilità in oggetto, lo spessore di terreno vegetale si assume pari a 0.90m. Prevedere quindi scotico per i primi 50cm e bonifica per i successivi 40cm.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	71 di 81

## 9 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA

In accordo alle NTC 2008 le strutture di fondazione, i muri ed i rilevati sono state verificati sia nei confronti degli stati limite ultimi, sia nei confronti degli stati limite di esercizio, tenendo conto delle condizioni di carico più gravose e valutando gli effetti delle combinazioni.

Per ogni stato limite ultimo considerato è stato verificato che non si raggiunga una condizione di stato limite ultimo, ovvero che sia rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e  $R_d$  il valore di progetto della resistenza del sistema.

Per ciascun stato limite di esercizio considerato è stato verificato che sia rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto degli effetti delle azioni e  $C_d$  è il prescritto valore limite di tale effetto.

Nel seguito vengono descritti i criteri di verifica delle fondazioni, dei muri e delle paratie; le analisi di dimensionamento e verifica di tali opere sono descritte in dettaglio in specifiche relazioni di calcolo alle quali si rimanda per maggiori dettagli.

### 9.1 Fondazioni superficiali

Per le fondazioni superficiali vengono effettuate le seguenti verifiche:

1. Verifiche allo SLU di tipo geotecnico (GEO)
  - Collasso per carico limite della fondazione
  - Scorrimento sul piano di posa
2. Verifiche allo SLU di tipo strutturale (STR):
  - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali
3. Verifiche SLE di tipo strutturale
  - Verifiche delle tensioni in esercizio e verifiche di fessurazione
4. Verifiche SLE di tipo geotecnico
  - Verifiche della compatibilità degli spostamenti e distorsioni



**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D.78 RH	GE.00.00.001	A	72 di 81

Nelle verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite ultimi, possono essere utilizzati due approcci distinti (Approccio 1 o Approccio 2). Nell'ambito dei due approcci le verifiche devono essere effettuate impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

- Approccio 1:
  - combinazione 1: A1+M1+R1
  - combinazione 2: A2+M2+R2
- Approccio 2:
  - combinazione 1: A1+M1+R3

Per l'Approccio 1 di norma la combinazione 1 è generalmente dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo strutturale, STR, mentre la combinazione 2 risulta in genere dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico, GEO. Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i coefficienti di sicurezza parziali rispettivamente per le azioni, per i parametri geotecnici e sulle resistenze globali per le diverse combinazioni.

**Tabella 10 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

**Tabella 11 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 12 – Coefficienti parziali sulla resistenza globale del sistema**

VERIFICA	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,8$	$\gamma_r = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,1$	$\gamma_r = 1,1$

Il carico limite della fondazione ( $q_{lim}$ ) viene calcolato con la formula trinomia di Brinch-Hansen (1970) facendo riferimento alla larghezza ridotta della fondazione, per la quale il carico risulta centrato  $B^*$ :

$$q_{lim} = 0.5 \cdot \gamma' \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

nella quale:

$N_\gamma, N_c, N_q =$  fattori di capacità, dipendenti dall'angolo di attrito  $\varphi'$ ;

$s_\gamma, s_c, s_q =$  fattori di forma della fondazione;

$i_\gamma, i_c, i_q =$  fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;

$b_\gamma, b_c, b_q =$  fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base;

$g_\gamma, g_c, g_q =$  fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;

$d_c, d_q =$  fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa;



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	74 di 81

Nelle analisi strutturali, per la determinazione del coefficiente di sottofondo alla Winkler si è fatto riferimento alla seguente relazione:

$$k_w = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

dove:

E = modulo elastico del terreno (assunto pari a  $E_0/5$ , dove  $E_0$  è il modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni);

$\nu$  = coefficiente di Poisson = 0.3;

B = larghezza della fondazione.

$c_t$  = fattore di forma, coefficiente adimensionale ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (vedasi tabella seguente).

#### Fattore di forma per la stima del coefficiente di Winkler

Fondazione Rigida	$c_t$
rettangolare con $L/B \leq 10$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$
rettangolare con $L/B > 10$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$
dove L è il lato maggiore della fondazione.	

## 9.2 Muri

Per i muri di sostegno vengono effettuate le seguenti verifiche:

1. Verifiche allo SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio del corpo rigido (EQU)
  - scorrimento sul piano di posa
  - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
  - ribaltamento
2. Verifiche allo SLU di tipo strutturale (STR):
  - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali (paramento verticale e fondazione)
3. Verifiche SLE di tipo strutturale
  - Verifiche delle tensioni in esercizio e verifiche di fessurazione

Le verifiche allo SLU del muro di sostegno (GEO e STR) sono state effettuate secondo la combinazione dell'approccio 2:

- Approccio 2 (A1+M1+R3)

dove i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1 della tabella 1ed i coefficienti parziali sulla resistenza globale del sistema (R3) sono quelli riportati nella *Tabella 13*

**Tabella 13 – Coefficienti parziali sulla resistenza globale del sistema**

VERIFICA	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,4$

### 9.3 Verifiche di stabilità delle scarpate

Per le verifiche di stabilità delle scarpate si è fatto riferimento alle “Norme Tecniche per le Costruzioni 2008”, constatando che sia rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

$E_d$ = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

$R_d$ = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche vengono condotte secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) in cui:

- A2: i coefficienti parziali per i carichi permanenti sono da considerarsi pari a  $\gamma_{G1}=1$  mentre quelli per i carichi variabili sono da considerarsi pari a  $\gamma_{Q1}=1.3$  in condizioni statiche e  $\gamma_{Q1}=1.0$  in condizioni sismiche;
- M2: i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno sono pari rispettivamente a:



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	76 di 81

Tabella 14: Coefficiente parziale per i parametri geotecnici del terreno

Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M2
$\tan \varphi' k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,25
$c' k$	$\gamma_{c'}$	1,25
$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1

- R2: il coefficiente parziale per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è da considerarsi pari a  $\gamma_R = 1.1$ .

Le verifiche di stabilità sono condotte utilizzando il metodo dell'equilibrio limite di Bishop semplificato (1955). Tale metodo consente di calcolare il coefficiente di sicurezza associato ad una qualsiasi superficie di scivolamento circolare nell'ipotesi "semplificativa" che, suddivisa la massa del terreno interessata dal cinematisimo in strisce, le forze di interstriscia abbiano direzione orizzontale. Il comportamento meccanico del terreno è ipotizzato, analogamente a tutti i metodi dell'equilibrio limite, di tipo rigido perfettamente plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

La valutazione dei fattori di sicurezza per la stabilità è condotta mediante il modulo "Slope W" del programma GeoStudio 2007 GEO-SLOPE International.

Tale programma consente un'analisi di stabilità all'equilibrio limite tenendo conto di terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalle pressioni idrostatiche, di sollecitazioni sismiche mediante un'analisi di tipo pseudostatica, di tiranti di ancoraggio e di eventuali altri elementi di rinforzo (ad esempio geogriglie). Il programma è in grado di fornire una soluzione generale al problema bidimensionale di stabilità ricavandone il coefficiente di sicurezza (FS) come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di possibile scorrimento e quella effettivamente mobilitata dal volume di terreno coinvolto nel movimento.

La valutazione del coefficiente di sicurezza è effettuata per tentativi, generando un elevato numero di superfici mediante un algoritmo pseudo - casuale. Il programma è in grado di compiere le verifiche di stabilità fornendo il coefficiente di sicurezza secondo differenti criteri; nel caso in esame l'analisi è stata sviluppata con superfici circolari adottando il metodo di Bishop.

Per le scarpate definitive le verifiche di stabilità globale sono state effettuate sia in condizione statiche sia in condizione sismiche, considerando la componente verticale dell'azione sismica una volta diretta verso il basso (+) ed una volta verso l'alto (-), mentre per le scarpate provvisorie solo in condizioni statiche. Nell'analisi sismica pseudo-statica, i coefficienti sismici orizzontale e verticale calcolati con tempo di ritorno corrispondente allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE.00.00.001	A	77 di 81

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte applicando al volume di terreno delimitato dalla superficie libera e dalla più sfavorevole delle superfici di potenziale scorrimento le forze d'inerzia dovute all'azione sismica:

$$FH = kh \times W$$

$$FV = kv \times W$$

dove:

FH = risultante orizzontale delle forze d'inerzia applicate al baricentro della massa potenzialmente instabile

FV = risultante verticale delle forze d'inerzia applicate al baricentro della massa potenzialmente instabile

W = peso della massa potenzialmente instabile

kh = coefficiente di accelerazione sismica orizzontale =  $\beta_s a_{s,max}/g$

kv = coefficiente di accelerazione sismica verticale = kh/2

dove il coefficiente  $\beta_s$  è stato calcolato secondo la seguente tabella:

**Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.**

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_s(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_s(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_s(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

#### 9.4 Pali

Per i pali vengono effettuate le seguenti verifiche:

1. Verifiche allo SLU di tipo geotecnico (GEO)
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali
2. Verifiche allo SLU di tipo strutturale (STR):
  - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali (plinto e pali)
3. Verifiche SLE di tipo strutturale



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	78 di 81

Anche in questo caso per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite ultimi, possono essere utilizzati due approcci distinti (Approccio 1 o Approccio 2).

- Approccio 1:
  - combinazione 1: A1+M1+R1
  - combinazione 2: A2+M1+R2
  
- Approccio 2:
  - A1+M1+R3

#### Verifiche nei confronti di carichi assiali

La portata totale limite di un singolo palo ( $R_u$ ) sottoposto a carichi assiali è espressa dalla seguente relazione:

$$R_u = R_b + R_s$$

in cui  $R_b$  è la resistenza alla punta,  $R_s$  è la resistenza laterale per attrito.

La resistenza alla punta viene determinata mediante l'espressione:

$$R_b = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p$$

in cui  $D$  è il diametro del palo e  $p$  è la resistenza unitaria alla punta.

Per un mezzo dotato di coesione ed attrito la resistenza alla punta viene determinata come:

$$p = N_q \cdot \sigma_{vL} + N_c \cdot c$$

In cui  $\sigma_{vL}$  è la tensione litostatica verticale alla profondità della base del palo mentre  $N_q$  e  $N_c$  sono fattori adimensionali funzione dell'angolo di attrito e del rapporto  $L/D$ . Tra i due parametri esiste la seguente relazione:

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

La resistenza laterale viene determinata invece mediante l'espressione:

$$R_s = \int_0^L \pi \cdot D \cdot \tau_u \cdot dl$$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	79 di 81

in cui  $L$  è la lunghezza del palo e  $\tau_u$  è la resistenza tangenziale all'interfaccia palo terreno.

La resistenza laterali si compone di un termine di tipo coesivo (adesione) e di uno legato all'attrito palo terreno:

$$\tau_u = a \cdot c' + k \cdot \mu \cdot \sigma'_{vz}$$

In cui  $\sigma'_{vz}$  è la tensione litostatica effettiva alla profondità  $z$ ,  $\mu$  il coefficiente di attrito mentre  $a$ , e  $k$  sono coefficienti empirici.

In condizioni drenate il parametro  $a$  si assume di norma pari a zero. Il coefficiente  $k$  dipende essenzialmente dalle modalità esecutive del palo e dal tipo di terreno. Per pali trivellati può assumersi  $k = (1 - \sin\phi)$ .

Il coefficiente di attrito dipende dalla scabrezza all'interfaccia palo-terreno. Per pali in calcestruzzo gettati in opera si assume in genere:  $\mu = \tan\phi'$

I valori delle resistenze di progetto  $R_{cd}$  sono ricavati dai valori caratteristici tramite i coefficienti parziali riportati nella Tabella 15:

$$R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b$$

$$R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$$

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd}$$

Nella valutazione dei valori caratteristici delle resistenze i parametri geotecnici del terreno non sono fattorizzati.

Tabella 15 – Coefficienti parziali

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche.

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

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

Il valore caratteristico della resistenza è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate i fattori di correlazione, funzione del numero di indagini, riportati nella tabella sottostante (Tabella 16). Con questo metodo di calcolo, è necessario valutare due volte la resistenza del palo, una volta con i parametri geotecnici medi ed una volta con quelli minimi.

Tabella 16 – Coefficienti parziali per la valutazione della resistenza caratteristica





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 RH	GE 00 00 001	A	80 di 81

Num. Vert. indagate	1	2	3	4	5	7	≥10
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

### Verifiche carichi orizzontali

Il carico limite orizzontale  $H_u$  per un singolo palo con rotazione in testa impedita è stato calcolato facendo riferimento alla teoria di Broms (1964).

Il valore della resistenza di progetto,  $R_{tr,d}$ , dei pali soggetti a carichi trasversali si ottiene a partire dal valore caratteristico della resistenza  $R_{tr,k}$ , applicando i coefficienti parziali  $\gamma_i$  della tab. 6.4.VI del D.M. 14/01/2008:

$$\gamma_T = 1.30$$

Il valore caratteristico della resistenza ai carichi trasversali è pari al rapporto tra quella di calcolo  $R_{tr,cal}$ , valutata con metodi analitici ed i coefficienti ( $\xi_3$ ,  $\xi_4$ ) riportati nella Tabella 16 del paragrafo precedente.

## 9.5 Paratie

Le verifiche delle paratie vengono effettuate secondo le NTC 08 tenendo conto di possibili SLU di tipo geotecnico e di tipo strutturale.

Nello specifico sono state effettuate le verifiche dei seguenti stati limite:

### 1. SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per raggiungimento della resistenza del terreno con rotazione attorno ad un punto della paratia stessa;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;

### 2. SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza strutturale dei pali
- raggiungimento della resistenza ei eventuali puntoni e tiranti

Le verifiche per il dimensionamento strutturale sono state effettuate con la Combinazione 1 (A1+M1+R1) dell'approccio 1, che prevede coefficienti unitari sui parametri del terreno e sulle resistenze globali del sistema, mentre vengono amplificate le azioni permanenti e variabili con i coefficienti del gruppo A1.

Le verifiche relative al dimensionamento geotecnico, nei confronti del meccanismo di collasso determinato dal raggiungimento della resistenza del terreno sono state effettuate con la combinazione 2 dell'approccio 1 (A2+M2+R1) che prevede l'amplificazione delle azioni variabili ( $\gamma_q=1.3$ ) e la riduzione dei parametri di resistenza a taglio ( $\gamma_\phi=1.25$ ), mentre risultano unitari i coefficienti  $\gamma_r$  sulla resistenza globale del terreno.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera è stata effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1 tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I delle NTC 2008.

Le verifiche vengono condotte facendo riferimento alla sezione con massima altezza di scavo.

Le analisi sono state condotte utilizzando un codice di calcolo basato sul metodo degli elementi finiti. Tale metodo presuppone che il problema sia affrontato tenendo in conto sia l'aspetto statico (e quindi l'equilibrio del problema), sia l'aspetto cinematico (e quindi la congruenza degli spostamenti o meglio delle deformazioni). In questo approccio la paratia è modellata come un insieme di travi, con vincolo di continuità tra loro (elementi beam) vincolati al terreno mediante molle elastiche, la cui rigidità è valutata in funzione delle proprietà elastiche del terreno. Nella figura che segue è mostrato schematicamente il modello utilizzato per l'analisi ad elementi finiti:

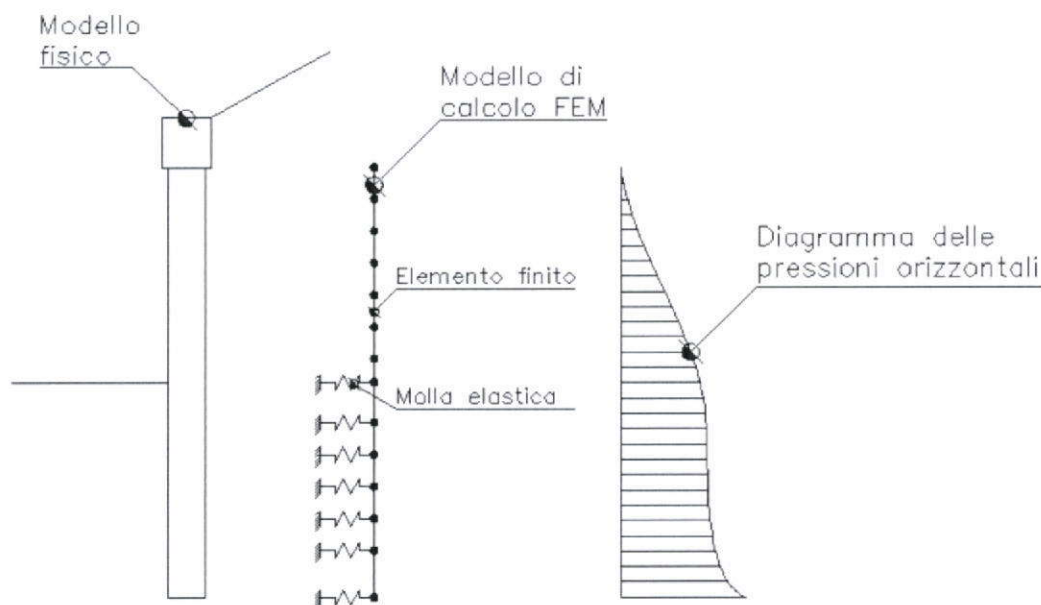


Figura 24 - Modello di calcolo paratia

Le analisi sono state effettuate con riferimento a diverse fasi di calcolo che simulano le reali fasi di realizzazione.