

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## PROGETTO DEFINITIVO

### NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

#### CORPO STRADALE FERROVIARIO GEOTECNICA Relazione geotecnica generale

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
N M O Y	0 0	D	1 1	G E	O C 0 0 0 1	0 0 1	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	Emissione esecutiva	A.Ingletti	Maggio 2021	M.Milovanovic	Maggio 2021	F.Perrone	Maggio 2021	D.Maranzano Maggio 2021



File:NM0Y00D11GEOC0001001A.doc

n. Elab.:

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORME E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>INDAGINI DISPONIBILI</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>PROFILI E SEZIONI GEOTECNICHE</b>	<b>17</b>
<b>6.1</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE</b>	<b>17</b>
<b>6.2</b>	<b>CARATTERISTICHE DELLA FALDA</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI</b>	<b>20</b>
<b>7.1</b>	<b>PROVE DPSH</b>	<b>20</b>
<b>7.2</b>	<b>CORRELAZIONI UTILIZZATE PER L'INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI IN SITO</b>	<b>20</b>
<b>7.3</b>	<b>UNITA' GEOTECNICHE</b>	<b>23</b>
<b>7.3.1</b>	<i>Unità A – Coltre superficiale</i>	<b>23</b>
<b>7.3.2</b>	<i>Unità B – Ghiaie e sabbie</i>	<b>27</b>
<b>7.3.3</b>	<i>Unità C – Sabbie e sabbie limose</i>	<b>41</b>
<b>7.3.4</b>	<i>Unità D – Limi</i>	<b>61</b>
<b>7.3.5</b>	<i>Unità E – Corpo dei rilevati</i>	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>RIEPILOGO PARAMETRI</b>	<b>70</b>
<b>9</b>	<b>CLASSIFICAZIONE SISMICA E STABILITA' DEL SITO</b>	<b>71</b>
<b>9.1</b>	<b>DEFINIZIONE DELL'ANALISI SISMICA</b>	<b>71</b>
<b>9.2</b>	<b>VALUTAZIONE DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE NELLE AREE DI PROGETTO</b>	<b>78</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>80</b>

	NODO DI NOVARA					
	<b>1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y00	D11	GEOC0001	001	A	<b>3 di 80</b>

## 1 PREMESSA

La presente Relazione Geotecnica si riferisce alla progettazione definitiva delle opere dl Nodo di Novara Boschetto, nell'ambito del quale sono previsti i seguenti interventi:

- Linea Vignale-Arona-Domodossola;
- Bretella Merci di Vignale – Linea Alessandria-Arona

Nello specifico, sono stati considerati i risultati delle campagne d'indagine in precedenza effettuate nell'area d'interesse, costituite da alcuni sondaggi presenti negli archivi ARPA, prendendo in considerazione le verticali ricadenti nell'ambito territoriale degli interventi in progetto e ulteriori 28 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel corso degli anni (campagna 1992-2000-2009-2011-2018); Durante tali perforazioni sono state realizzate prove SPT, prelevati campioni rimaneggiati e indisturbati ed eseguite prove di permeabilità Lefranc (1 in ogni sondaggio), infine, 9 verticali d'indagine sono state attrezzate con piezometro.

Sono state inoltre realizzate prove geofisiche costituite da 3 prove MASW e 2 prova Re.Mi nell'ambito della campagna del 2018.

Sono inoltre stati utilizzati ai fini della caratterizzazione i risultati delle prove SPT eseguite nei 4 sondaggi realizzati nel corso della campagna 2020.

In particolare nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti:

- Breve inquadramento geologico;
- Descrizione delle indagini geotecniche eseguite in sito ed in laboratorio;
- Descrizione dei criteri in base ai quali sono stati interpretati i risultati delle indagini geotecniche effettuate;
- Interpretazione dei risultati delle indagini geotecniche e definizione dei parametri geotecnici, in termini di proprietà fisiche e meccaniche (resistenza al taglio e deformabilità), per le unità geotecniche individuate;
- Risposta sismica del sito;
- Verifica della suscettibilità alla liquefazione;

## 2 NORME E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- D.M. LL.PP. del 16/01/1996 "Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche";
- UNI EN del 1997 "Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica";
- UNI EN del 1998 "Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica";
- D.P.R. 380 del 06/06/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- D.M. Infrastrutture del 17/01/2018 "Nuove Norme Tecniche per Costruzioni";
- D.M. II.TT. del 04/02/2008 - Circolare 617 del 2 febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. Infrastrutture del 17/01/2018".

## 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Codifica elaborato	Descrizione elaborato
NM0X00R69RGGE0001001A	Relazione geologica
NM0Y00D11F6OC0001001A	Profilo Geotecnico tav 1/4
NM0Y00D11F6OC0001002A	Profilo Geotecnico tav 2/4
M0Y00D11F6OC0001003A	Profilo Geotecnico tav 3/4
NM0Y00D11F6OC0001004A	Profilo Geotecnico tavv4 /4
NM0X00R69RGGE0001001A	Indagini geofisiche (2009)
MAP100R69PRGE0005003A	Prove di laboratorio (2002-2004)
MAP100R69PRGE0005002A	Prove di laboratorio (2009)
MAP100R69PRGE0005001A	Prove di laboratorio (2011)
MAP100R69SGGE0005003A	Stratigrafie sondaggi (1992-2005)
MAP100R69SGGE0005001A	Stratigrafie sondaggi (2011)
MAP100R69SGGE0005002A	Stratigrafie sondaggi (2009)
NM0Y00DG9IGGE0001001A	Indagini geofisiche (2020)
NM0Y00D69SGGE0000001A	Esiti indagini in situ (2020)

	NODO DI NOVARA					
	<b>1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y00	D11	GEOC0001	001	A	5 di 80

#### 4 INDAGINI DISPONIBILI

La caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti nell'area d'interesse è svolta sulla base delle campagne di indagine riepilogate sopra e di seguito enucleate:

- N° 8 sondaggi a carotaggio continuo (linea AV Milano-Torino 1992)
- N° 9 sondaggi a carotaggio continuo (linea AV Milano-Torino 2000-2001)
- N.6 sondaggi a carotaggio continuo (Italferr 2002)
- N° 5 sondaggi a carotaggio continuo e N° 2 sondaggi a distruzione (campagna 2009)
- N° 2 sondaggi a carotaggio continuo (campagna 2011)
- Prove geofisiche: 5 MASW e 2 Re.Mi (Italferr 2018) 3 Cross-Hole (2009)
- N. 6 sondaggi a carotaggio continuo (Italferr 2020) - limitatamente ai risultati delle prove SPT
- N.6 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo (Italferr 2020)
- N.11 prove penetrometriche pesanti DPSH (Italferr 2020)
- N. 8 prove geofisiche MASW e HVSr (Italferr 2020)

#### Sondaggi

L'ubicazione dei sondaggi lungo la tratta è riportata negli elaborati relativi.

Per le stratigrafie e le foto delle cassette dei sondaggi si rimanda ai documenti di riferimento.

Nelle seguenti Tabelle sono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito delle campagne d'indagine con l'indicazione delle prove eseguite ed utilizzati nella caratterizzazione, con indicazione, dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola posizione (pk, coordinate, quota, strumentazione, profondità, numero dei campioni, numero prove SPT). Nella Tabella 2 sono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti in precedenza e ritenuti utili ai fini della presente fase progettuale.

**Tabella 1** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna linea AV 1992).

Sigla	Pk	Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	N	E	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni rimanegegiati	Campioni indisturbati	SPT	Lefranc
S257	2+550	157.1	1469385.00	5035530.00	-	55	7	2	16	
S258	67+200	155.76	1470133.00	5035302.00	Piezometro TA	25	3	2	6	2
S260	66+650	153.74	1470655.00	5035160.00	-	25	2	4	4	-
S261	66+250	151.8	1471070.00	5035135.00	Piezometro TA	25	4	2	7	2
S263	65+700	152.91	1471691.00	5035082.00	Piezometro cella Casagrande	25	4	1	7	2
S264	-	148.00	1472138.00	5035032.00	Piezometro TA	55	8	1	10	-
S266	-	149.45	1472731.0	5034847.0	Piezometro TA	25	3	2	7	-
S267	-	149.01	1472960.0	5034895.0		55	9	2	16	-

I sondaggi S264-266-267 sono limitrofi all'area in progetto ma non vi ricadono direttamente.

**Tabella 2** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna linea AV 2000-2010).

Sigla	Pk	Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	N	E	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni rimanegegiati	Campioni indisturbati	SPT	Lefranc
SN80	67+450	154.82	-	-	-	30	-	-	2	-
SN81	-	149.315	1473114.497	5035074.028	Piezometro TA	30	4	-	10	-
SINO14	65+650	151.6	1471641.011	5035006.725	Piezometro TA	30	4	-	10	2
SINO15	-	150.661	1472155.364	5034973.044	-	30	5	-	9	2
SINO16	65+250	150.769	1471999.662	5034757.80	-	30	4	-	10	2
SINO17	64+950	149.293	1471832.175	5034413.659	-	30	4	-	10	2
SINO18	-	150.659	1472368.432	5034789.479	Piezometro TA	30	3	-	10	2
SI35	66+450	152.307	-	-	-	30	3	-	10	-
SI36	66+400	151.29	-	-	-	30	8	-	10	-

I sondaggi SN81-SINO18 sono limitrofi all'area in progetto ma non vi ricadono direttamente.

**Tabella 3** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna linea AV 2002).

Sigla	Pk	Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	N	E	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni rimaneggiati	Campioni indisturbati	SPT	Lefranc
AMBDB1V002	-	-	-	-	Piezometro TA	40	10	2	16	2
AMBDB1V003	-	-	-	-	Piezometro cella Casagrande	40	10	4	15	4
SMBDB1V004	-	-	-	-	-	25	5	3	7	1
XMBD1R001	-	-	-	-	Piezometro TA	25	5	2	7	1
XMBD1R005	-	-	-	-	Piezometro TA	25	5	2	7	1
XMBD1R006	-	-	-	-	Piezometro TA	25	5	2	7	1

**Tabella 4** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna linea AV 2004).

Sigla	Pk	Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	N	E	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni rimaneggiati	Campioni indisturbati	SPT	Lefranc
PNMBP1V01	-	155.0	45°25,756'	008°38,829'	Piezometro TA	30	8	3	6	1
PNMBP1V02	-	141.0	45°25,725'	008°39,567'	Piezometro TA	30	7	3	6	1

**Tabella 5** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna linea AV 2005).

Sigla	Pk	Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	N	E	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni rimaneggiati	Campioni indisturbati	SPT	Lefranc
SCMBP1B01	-	-	45°25,803'	008°39,023'	-	25	5	-	10	2

**Tabella 6** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna ITF 2009).

Sigla	Pk	Quota m s.l.m.	N	E	Strumentazione	Profondità m	Campioni rimanegegiati	Campioni indisturbati	Pressiometriche	SPT	Lefranc
S1	64+650	148.0	0471990	5034159	-	15	5	-	-	5	1
S2	64+350	150.0	0471376	5033936	Piezometro TA	20	6	-	-	6	1
S3	63+650	150.5	0470968	5033395	Piezometro TA	25	8	-	-	8	1
S3B a distr	63+650	150.5	0470968	5033395	Piezometro a cella Casagrande	12.5	-	-	-	-	-
S4	-	147.5	0471015	5032687	Prova geofisica DH	30	9	1	1	10	2
S4B a distr	-	147.5	0471015	5032687	Prova geofisica CH	30	-	-	-	-	-
S4T a distr	-	147.5	0471015	5032687	Prova geofisica CH	30	-	-	-	-	-
S5	-	148.0	0471346	5032288	Piezometro TA e cella Casagrande	30	10	-	2	10	2
S6	-	152.0	0471614	5031829	Piezometro TA e cella Casagrande	30	10	-	2	10	2

I sondaggi S4-4B-4T, S5-S6 sono limitrofi all'area in progetto ma non vi ricadono direttamente.

**Tabella 7** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna ITF 2011).

Sigla	Pk	Quota m s.l.m.	N	E	Strumentazione	Profondità m	Campioni rimanegegiati	Campioni indisturbati	SPT	Lefranc
SCMAP1V01	68+250	158	1469699.62	5036393.99	-	30	9	-	9	1
PNMAP1B02	69+600	161	1469832.8	5037451.88	Piezometro TA	30	10	-	10	1

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NODO DI NOVARA <b>1ª FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA NM0Y00	LOTTO D11	CODIFICA GEOC0001	DOCUMENTO 001	REV. A

**Tabella 8** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna ITF 2020).

Sigla	Quota m s.l.m.	N	E	Strumentazione	Profondità/ Lunghezza m	Campioni rimaneggiati	Campioni indisturbati	SPT	Lefranc	Prove pressiometriche
PDNB01_S5	149.8	5033660.0 9	1471089.6 6	Piezometro TA	30	8	-	10	2	-
PDNB01_S6	150.0	5034316.2	1471841.1	Piezometro TA	30	9	-	10	1	-
PDNB01_S4	150.7	5034710.6	1471559.6	Piezometro TA	30	10	-	10	1	-
PDNB01_S3	154.0	5035272.9	1470040.7	Piezometro TA	30	6	-	10	2	1
PDNB01_S1	163.6	5037317.9	1469577.6	Piezometro TA	30	8	-	10	2	-
PDNB01_S2	157.0	5035747.6	1469872.2	Piezometro TA	30	10	-	10	2	1

**Tabella 9** -Riassunto prove DPSH eseguite nel tratto d'interesse (Campagna ITF 2020).

Sigla	Quota m s.l.m.	N	E	Profondità/ Lunghezza m
DPSH1	161.13	5037524.5	1470094.8	15
DPSH2	160.67	5037472.5	1470376.3	15
DPSH3	159.55	5037203.6	1470628.1	15
DPSH4	154.96	5035594.0	1469822.7	15
DPSH5	155.35	5035767.0	1470005.5	15
DPSH6	154.82	503475.1	1470217.9	15
DPSH7	154.43	5035320.5	1470566.1	15
DPSH8	150.23	5034635.4	1471384.9	15
DPSH9	150.34	5034574.8	1471664.7	15
DPSH10	149.37	5034376.9	1471808.5	15
DPSH11	150.65	5033803.2	1471271.2	15

Nella Tabella 9 sono elencati i risultati delle prove Lefranc.

### Prove Lefranc

**Tabella 10 – Risultati prove Lefranc**

Sondaggi	Campagna indagine (anno)	Profondità (m)	k (m/s)	Litotipo
S261	1992	19	1.7 10 <sup>-4</sup>	Sabbia
S263	1992	10	3.2 10 <sup>-4</sup>	Ghiaia con sabbia
S263	1992	19.5	5.3 10 <sup>-5</sup>	Ghiaia con sabbia
SINO14	2000	11.5	9.0 10 <sup>-6</sup>	Sabbia deb. Limosa
SINO15	2000	7.0	5.0 10 <sup>-5</sup>	Ghiaia con sabbia
SINO16	2000	7.0	3.0 10 <sup>-5</sup>	Ghiaia con sabbia
SINO17	2000	16.5	7.0 10 <sup>-6</sup>	Sabbia deb. Limosa
SINO18	2000	8.5	3.0 10 <sup>-5</sup>	Ghiaia con sabbia
S1	2009	6	3.1 10 <sup>-6</sup>	Ghiaia sabbioso-limosa
S2	2009	8	1.1 10 <sup>-7</sup>	Sabbia limosa
S3	2009	16	1.5 10 <sup>-7</sup>	Sabbia deb.limosa
S4	2009	17	1.7 10 <sup>-7</sup>	Sabbia deb.limosa
S4	2009	23	7.5 10 <sup>-8</sup>	Limo sabbioso
SCMAP1V01	2011	11.5	3.7 10 <sup>-5</sup>	Ghiaia con sabbia
PNMAP1B02	2011	14.5	3.6 10 <sup>-6</sup>	Sabbia limosa
XMBD1R001	2002	9.5	1.97 10 <sup>-5</sup>	Ghiaia sabbiosa
AMBD1V002	2002	14	4.95 10 <sup>-7</sup>	Sabbia limosa
AMBD1V002	2002	29	1.21 10 <sup>-5</sup>	Sabbia deb. Limosa
AMBD1V003	2002	5.0	2.24 10 <sup>-5</sup>	Ghiaia con sabbia
AMBD1V003	2002	14	1.47 10 <sup>-5</sup>	Sabbia deb. Limosa
AMBD1V003	2002	24.5	2.02 10 <sup>-5</sup>	Sabbia deb. Limosa
AMBD1V003	2002	35	3.77 10 <sup>-5</sup>	Ghiaia con sabbia
SMBD1V004	2002	18.5	2.12 10 <sup>-5</sup>	Sabbia deb. Limosa
XMBD1R005	2002	4.5	7.64 10 <sup>-5</sup>	Ghiaia con sabbia
XMBD1R006	2002	9.5	1.45 10 <sup>-5</sup>	Sabbia deb. Limosa
SCMBP1B01	2005	6.7	1.51 10 <sup>-6</sup>	Ghiaia deb.limosa
SCMBP1B01	2005	12.4	6.78 10 <sup>-6</sup>	Ghiaia deb.limosa
PNMBP1V02	2005	5.5	5.3 10 <sup>-6</sup>	Ghiaia ded. limosa
PNMBP1V02	2005	14.5	1.0 10 <sup>-6</sup>	Ghiaia ded. limosa
PDNB01_S1	2020	4.5	3.0 10 <sup>-6</sup>	Ghiaia ded. limosa
PDNB01_S2	2020	1.5	1.5 10 <sup>-6</sup>	Sabbia deb. Limosa

PDNB01_S2	2020	4.5	1.5 10 <sup>-4</sup>	Ghiaia ded. limosa
PDNB01_S3	2020	1.5	8.2 10 <sup>-7</sup>	Limo
PDNB01_S3	2020	4.5	2.0 10 <sup>-4</sup>	Ghiaia ded. limosa
PDNB01_S4	2020	1.5	2.0 10 <sup>-7</sup>	Limo
PDNB01_S5	2020	1.5	4.2 10 <sup>-5</sup>	Sabbia limosa
PDNB01_S5	2020	4.5	-	Ghiaia ded. limosa
PDNB01_S6	2020	1.5	3.8 10 <sup>-7</sup>	Limo

### Prospezioni geofisiche MASW-Re.Mi-Cross-Hole

**Tabella 11** – Posizione delle prove geosismiche 2009-2018

Indagine	Velocità (m/s)
Cross-Hole S4-S4B	264
ReMi 1	354
ReMi 2	356
Masw 1	359
Masw 2	348
Masw 3	334

**Tabella 12** – Posizione delle prove geosismiche 2020

Indagine	Velocità (m/s)
MASW 1	312
MASW 2	297
MASW 3	314
MASW 4	304
MASW 5	296
MASW 6	300
MASW 7	352
MASW 8	331

## **5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO**

Nell'evoluzione geologica quaternaria dell'area padana un ruolo significativo viene svolto dal fenomeno glaciale che durante il Pleistocene medio segna il proprio culmine nel settore alpino.

L'alternarsi di fasi di espansione e regressione dei ghiacciai congiuntamente all'azione di erosione, trasporto e sedimentazione ad opera dei corsi d'acqua hanno consentito la formazione di notevoli spessori di depositi morenici, fluvioglaciali e fluviali. I depositi sono connessi alle diverse fasi glaciali Gunz, Mindel, Riss e Wurm, ultima fase che nella sua estensione viene spesso a coprire i depositi legati alle glaciazioni precedenti.

Durante le loro fasi di espansione i ghiacciai hanno dato origine a grandi cerchie moreniche ai piedi dei rilievi prealpini; durante le fasi di ritiro i torrenti proglaciali hanno poi eroso questi accumuli trasportando verso valle ingenti quantità di materiale detritico: tale processo ha determinato la formazione di estese conoidi che accrescendosi si sono saldate a formare unico corpo alluvionale. Ad ogni stadio interglaciale, in relazione al sussistere di climi più aridi, l'azione di trasporto dei corsi d'acqua diminuì, mentre divenne prevalente l'azione erosiva che ha determinato la rielaborazione dei sedimenti precedentemente deposti e la formazione di sistemi di terrazzi in corrispondenza dei nuovi andamenti fluviali all'interno della pianura.

L'area in esame si colloca nell'ambito della pianura novarese, caratterizzata dalla presenza in superficie di successioni riferibili ai complessi dei depositi fluvio-glaciali e fluviali (C.G.I. – F. 44 Novara).

Più in particolare, vengono riconosciuti i seguenti depositi, descritti in senso cronologico dal più antico al più recente:

- Alluvioni fluvioglaciali del Riss: ghiaie spesso alterate con lenti sabbiose-argillose, ricoperte da un paleosuolo argilloso di colore giallo-ocra della potenza di qualche metro e localmente da depositi loessici. Tali depositi ("Diluvium medio" *Auct.*) sono localizzati nella parte meridionale del settore indagato, ossia in corrispondenza della zona centro-meridionale dell'abitato di Novara, circa a sud della linea ferroviaria storica Novara-Genova. Costituiscono i testimoni d'erosione di un antico terrazzo topograficamente rilevato rispetto alla pianura circostante. **Pleistocene medio.**
- Alluvioni fluviali e fluvioglaciali del Wurm: sabbie e sabbie limose, ghiaie in matrice sabbiosa, eterometriche, con clasti di diametro medio di qualche cm; si associano localmente orizzonti a granulometria più sottile ad andamento lenticolare; in superficie è presente un ridotto strato di alterazione dal colore brunastro. I depositi in argomento ("Diluvium recente" *Auct.*) occupano gran parte dell'area in esame. **Pleistocene superiore.**

Il territorio della provincia di Novara può essere schematicamente suddiviso in tre ambiti:

- la zona dei rilievi, ossia la zona montuosa in corrispondenza del lago d'Orta e del lago Maggiore
- la zona dei pianalti, ossia l'area dei rilievi collinari e degli alti terrazzi
- la zona di pianura s.s..

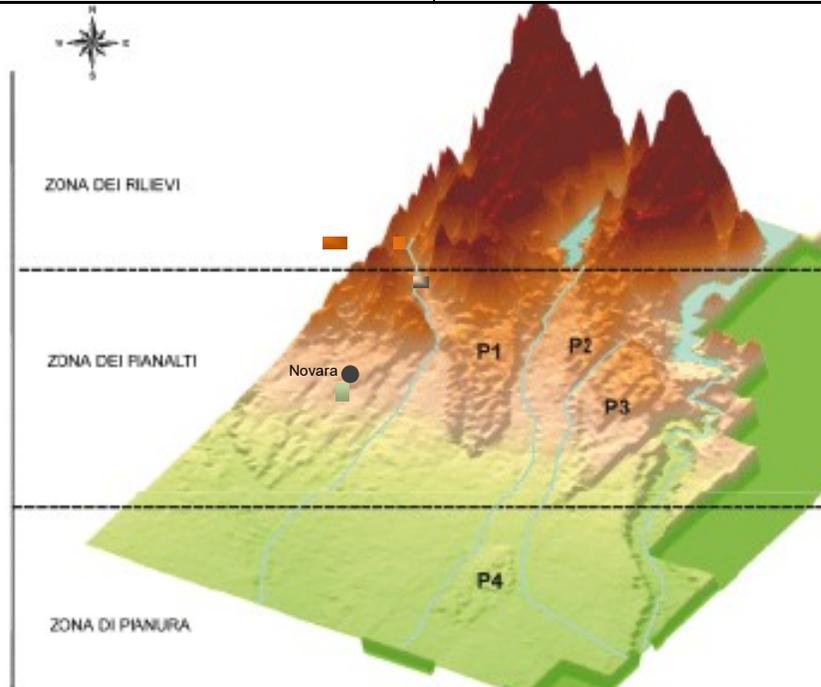


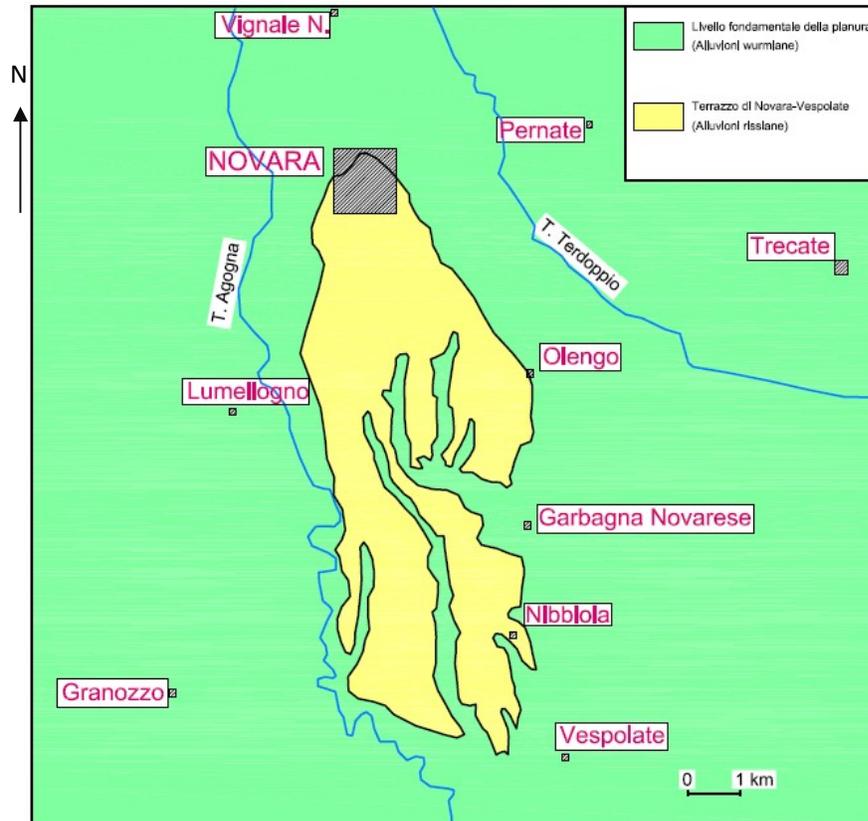
Fig. 4 – Schematizzazione morfologica del territorio novarese.

L'abitato novarese è collocato nella zona di pianura ed è all'incirca delimitato ad ovest dal corso del torrente Agogna, affluente di sinistra del Po, e ad est dal corso del torrente Terdoppio Novarese, che confluisce in destra Ticino. Si tratta per l'appunto di un contesto morfologico sub pianeggiante ove oltre ai suddetti corsi d'acqua è presente una densa rete di rogge e canali artificiali.

Dal punto di vista fisiografico il territorio novarese presenta una debole pendenza verso sud ed è caratterizzato da due elementi che ne riflettono bene la storia geologica:

- il livello fondamentale della pianura (sensu Petrucci e Tagliavini, 1969), che rappresenta l'ultima e principale fase di alluvionamento della Pianura Padana; è individuato dalle alluvioni wurmiane che costituiscono un'ampia conoide caratterizzata dalla presenza di un suolo dello spessore di circa un metro di colore bruno. Tali depositi definiscono un orizzonte uniformemente piano, debolmente digradante verso il Po, interrotto soltanto dalle incisioni dei corsi d'acqua che solitamente scorrono con direzione circa nord-sud.
- il terrazzo fluvioglaciale rissiano (terrazzo di Novara-Vespolate) identificato dai depositi rissiani che definiscono un alto morfologico che emerge dal livello fondamentale della pianura. L'originario aspetto del terrazzo è stato diffusamente modificato dagli spianamenti connessi alle colture risicole. Questo settore rilevato si presenta come una lingua di forma approssimativamente triangolare che dal centro dell'abitato di Novara (subito ad ovest della stazione Centrale) scende verso sud, allargandosi verso l'abitato di Olengo e fino a raggiungere l'abitato di Vespolate; il pianalto si eleva di una decina di metri rispetto al livello della piana circostante, raggiungendo quote massime di circa 162 m s.l.m.. Il terrazzo è

solcato da una serie di incisioni, fra cui la principale è quella del Torrente Arbogna che nasce in località Bicocca, spesso artificiali ed utilizzate a scopo irriguo.



*Fig. 5 – Estensione del Terrazzo fluvio-glaciale di Novara - Vespolate.*

Il raccordo tra il terrazzo e il livello fondamentale della pianura avviene attraverso una scarpata che risulta maggiormente riconoscibile sul lato est del terrazzo ove appaiono minori i segni del rimaneggiamento antropico; al contrario sul lato occidentale l'originale connotazione di tale elemento morfologico risulta maggiormente compromessa.

Il terrazzo di Novara-Vespolate rappresenta un lembo di un'antica piana fluvio-glaciale rissiana, ed è ricollegabile sotto questo punto di vista a quei settori a nord della zona novarese, costituiti dalla lingua di Cressa-Pombia-Codemonte, tra la sponda orientale del Torrente Agogna e quella occidentale del Ticino, e la lingua di Cardano al Campo-Lonate Pozzolo, tra la sponda orientale del Ticino e quella occidentale del Torrente Arno (Braga et alii, 1969).

Le condizioni idrogeologiche dell'area interessata dal Nodo di Novara sono connesse all'assetto litostratigrafico locale e riflettono quelle generali della bassa pianura novarese.

Come rilevabile nella Carta idrogeologica le unità geologiche presenti nell'area in esame, ossia le alluvioni wurmiane e quelle rissiane, sono state riunite in un unico complesso idrogeologico definito "Complesso dei depositi fluvioglaciali e fluviali".

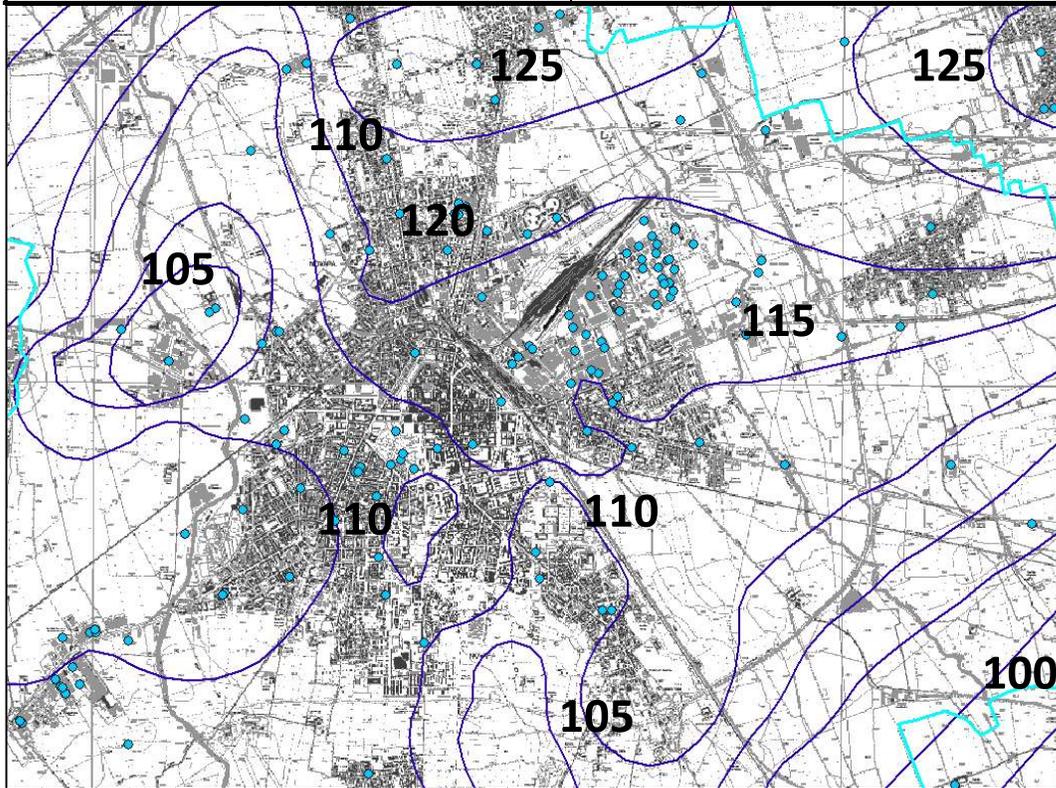
Tale complesso è costituito da depositi a granulometria prevalentemente sabbiosa e ghiaiosa, che presentano solitamente una buona permeabilità primaria per porosità. Tale permeabilità tende a ridursi in presenza di livelli a granulometria più sottile e in superficie, laddove può essere presente una coltre argillificata (paleosuolo) di spessore anche consistente (come avviene in corrispondenza del Terrazzo rissiano). Questo complesso idrogeologico, che in buona sostanza corrisponde alla litozona ghiaioso-sabbiosa di cui si è detto in Cap. 8, ospita un acquifero freatico (acquifero superficiale) alimentato direttamente dalle precipitazioni meteoriche, in diretta connessione con i corsi d'acqua superficiali e la cui base è rappresentata dall'orizzonte argilloso che si rinviene nel territorio comunale di Novara alla profondità media di 25-30 m da piano campagna; a profondità superiori, che giungono fino ai 100 m da p.c., è invece sede di un acquifero semiconfinato.

L'acquifero superficiale, sfruttato principalmente per scopi irrigui e subordinatamente industriali (Tabella 1), presenta una buona produttività; è caratterizzato da una superficie piezometrica con soggiacenza mediamente attorno ai 3 m in corrispondenza della superficie fondamentale della pianura, che aumenta arrivando fino ad oltre 10 m in corrispondenza del terrazzo fluvioglaciale.

**Tabella 1. Consistenza numerica delle captazioni nell'acquifero superficiale (dato aggiornato al 05/07/2010). Tratto da Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte (Provincia di Novara)**

Pozzi per intervalli di profondità	Idropotabili (n°)	Irrigui (n°)	Produzione di beni e servizi (n°)
0-50 m da p.c.	37	247	929
50-100 m da p.c.	47	186	1509
>100 m da p.c.	110	657	2874

Le oscillazioni della falda sono legate oltre che all'andamento delle precipitazioni anche al regime di adacquamento delle colture risicole; gli innalzamenti massimi si hanno all'inizio dell'estate e in autunno inoltrato (Provincia di Novara, 2007).



**Figura 1. Isobate (in m s.l.m.) della base dell'acquifero superficiale nel territorio comunale di Novara**

L'andamento medio della piezometrica è evidenziato nella Carta Idrogeologica dalle curve isofreatiche ad equidistanza pari a 2 metri, desunte da base bibliografica (Carmine M. & Isoli I., 2003). Le isolinee sono all'incirca parallele, la direzione del flusso è da NW verso SE, con un gradiente idraulico variabile tra 0.2-0.4%. Nella Carta Idrogeologica è inoltre riportata, da base bibliografica, l'ubicazione dei fontanili (desunta da Carmine M. & Isoli I., 2003) e dei pozzi per acqua autorizzati all'interno dell'area in esame.

Dal punto di vista idrochimico le acque dell'acquifero superficiale manifestano una tendenza generale ad un chimismo bicarbonato calcico e magnesiaco (caratterizzazione secondo Diagramma di Piper, vedi Regione Piemonte, 2003). Date le sue caratteristiche, l'acquifero superficiale appare generalmente vulnerabile agli agenti inquinanti, con locali condizioni di maggiore protezione nelle zone caratterizzate dalla presenza di livelli argillosi prossimi alla superficie topografica.

Dati quantitativi sulle caratteristiche di permeabilità dell'acquifero superficiale derivano dalle prove Lefranc eseguite nell'ambito delle varie campagne geognostiche svolte entro l'areale di interesse del progetto.

	NODO DI NOVARA <b>1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA NM0Y00	LOTTO D11	CODIFICA GEOC0001	DOCUMENTO 001	REV. A

Il campo di oscillazione dei valori è compreso fra  $10^{-8}$  e  $10^{-5}$  m/s, i valori più bassi sono stati rilevati in corrispondenza dei livelli a maggiore frazione limosa.

Valori maggiori del coefficiente di permeabilità, nell'ordine di  $10^{-3}$  m/s, ricavati da prove di emungimento a gradini di portata, vengono attribuiti all'acquifero superficiale da altre fonti bibliografiche (Idrogeo, 2007).

Al di sotto dei 40 m di profondità è presente un acquifero con caratteristiche di semiconfinamento per effetto del livello argilloso riscontrabile nel sottosuolo novarese. A tale acquifero viene attribuita (Idrogeo, 2007) un valore del coefficiente di permeabilità, desunto da prove di pompaggio, dell'ordine di  $10^{-4}$  m/s.

## 6 PROFILI E SEZIONI GEOTECNICHE

Nel profilo geotecnico si riportano le stratigrafie delle unità geotecniche individuate, le misure eseguite in sito (SPT), la posizione dei campioni estratti, le quote della falda rilevate nel corso delle perforazioni e la tabella riepilogativa dei parametri geotecnici.

### 6.1 Descrizione delle unità geotecniche

In accordo con quanto assunto nella relazione geologica, sono state individuate 4 unità litologiche. Il sottosuolo, nell'area di progetto, è costituito da:

- Unità A: Riporti
- Unità B: Ghiaie e Ghiaie con sabbia
- Unità C: Sabbie e sabbie limose
- Unità D: Limi e limi sabbiosi
- Unità E: Corpo dei rilevati

### 6.2 Caratteristiche della falda

La falda si attesta nei litotipi ghiaiosi e sabbiosi presenti al di sotto del piano campagna, con una profondità che si aggira mediamente attorno ai 2-4 m dal piano campagna.

Di seguito si riportano i dati del livello piezometrico registrato in fase di perforazione per tutti i punti di indagine disponibili, con indicazione delle principali caratteristiche del foro (Sigla, Piezometro, Data, Quota e Note).

	NODO DI NOVARA					
	1 <sup>a</sup> FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y00	D11	GEOC0001	001	A	18 di 80

**Tabella 13** –Riepilogo ultime letture piezometriche (Campagna linea AV 1992).

Sigla	Pk	Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	Data	Profondità falda <i>m b.f.</i>
S258	67+200	155.76	31/08/92	2.75
S261	66+250	151.8	31/08/92	2.20
S263	65+700	152.91	31/08/92	4.60
S264	-	148.00	31/08/92	3.50
S266	-	149.46	31/08/92	2.20

**Tabella 14** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna linea AV 2002).

Sigla	Pk	Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	Data	Profondità falda <i>m b.f.</i>
AMBDB1V002	-	-	11/11/02	5.55
AMBDB1V003	-	-	11/11/02	4.98
SMBDB1V004	-	-	24/10/02	2.90
XMBD1R001	-	-	11/11/02	7.08
XMBD1R005	-	-	11/11/02	3.01
XMBD1R006	-	-	11/11/02	3.06

**Tabella 15** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna linea AV 2004).

Sigla	Pk	Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	Data	Profondità falda <i>m b.f.</i>
PNMBP1V01	-	-	1/12/04	4.90
PNMBP1V02			1/12/04	4.13

**Tabella 16** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna ITF 2009).

Sigla	Pk	Quota <i>m s.l.m.</i>	Data	Profondità falda <i>m b.f.</i>
S2	64+350	150.0	-	5.50
S3	63+650	150.5	-	4.50
S3B a distr	63+650	150.5	-	-
S4	-	147.5	-	5.4
S5	-	148.0	-	2.5
S6	-	152.0	-	2.0

**Tabella 17** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna ITF 2011).

Sigla	Pk	Quota <i>m s.l.m.</i>	Data	Profondità falda <i>m b.f.</i>
PNMAP1B02	69+600	161	-	-

**Tabella 18** -Riassunto dei sondaggi e prove eseguite nel tratto d'interesse (Campagna ITF 2020).

Sigla	Pk	Quota <i>m s.l.m.</i>	Data	Profondità falda <i>m b.f.</i>
PDNB01-S3	67+250	154	-	5
PDNB01-S6	64+925	150	-	3
PDNB01-S5	63+875	149.8	-	4.5
PDNB01-S1	4+200	163.6	-	3.0

	NODO DI NOVARA <b>1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA NM0Y00	LOTTO D11	CODIFICA GEOC0001	DOCUMENTO 001	REV. A

Ai fini delle valutazioni che seguiranno si è fatto riferimento ad una quota della falda corrispondente alla minima rilevata nel corso delle misure effettuate e pari a 2 m dal piano campagna.

## 7 CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI

La caratterizzazione dei terreni presenti nell'area di studio è stata svolta sulla base delle risultanze delle indagini in sito. Si riportano nel paragrafo seguente le modalità seguite per interpretare i risultati delle indagini svolte.

### 7.1 Prove Dpsh

I valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuti equivalenti correggendo i valori direttamente misurati ( $N_{DPSH}$ ) sono stati ottenuti in base alle caratteristiche del penetrometro (tipo Emilia) e considerando la correlazione di Muromachi e Kobayashi (1981). In particolare, per la prova penetrometrica dinamica media (DPSH)

$$N_{spt} = N_{dpsh}/1.15$$

### 7.2 Correlazioni utilizzate per l'interpretazione dei risultati delle indagini in sito

I risultati delle prove penetrometriche dinamiche standard sono stati utilizzati per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dei litotipi. Nello specifico, i parametri geotecnici sono stati ricavati sulla base di correlazioni empiriche che legano gli stessi parametri al numero di colpi  $N_{SPT}$  ( $N_2+N_3$ ). Le prove eseguite in corrispondenza delle sabbie e sabbie limose e dei limi al di sotto del livello di falda, per valori di  $N_{spt} > 15$  sono state ridotte in base alla correzione al numero di colpi  $N_{spt}$  (Terzaghi-Peck 1948):

$$N' = 15 + 0.5(N_{spt} - 15)$$

Per la stima dei parametri sono state utilizzate le seguenti correlazioni:

*Angolo d'attrito: Schmertmann (1978):*

(1) sabbia fine uniforme

$$\varphi' = 28 + 0.14 \times DR \text{ (Sabbie medie e fini)}$$

(2) sabbia fini ben gradate - sabbia media uniforme

$$\varphi' = 31.5 + 0.115 \times DR$$

(3) sabbia media ben gradata - sabbia grossa uniforme

$$\varphi' = 34.5 + 0.1 \times DR \text{ (Ghiaie e Sabbie con ghiaie)}$$

(4) sabbia e ghiaie poco limose - ghiaietto uniforme

$$\varphi' = 38 + 0.08 \times DR$$

Angolo d'attrito: RBS (1982):

$$\varphi' = (15N_{spt})^{1/2} + 15 \text{ (Limi e Coltre superficiale)}$$

Densità relativa: Skempton (1982):

$$DR = \sqrt{N1/60} \text{ dove:}$$

$$N1 = C_N N_{SPT} \text{ in cui:}$$

dove:

$$C_N = 2 / (1 + \sigma'_{vo}/100) \text{ (Sabbie medie fini)}$$

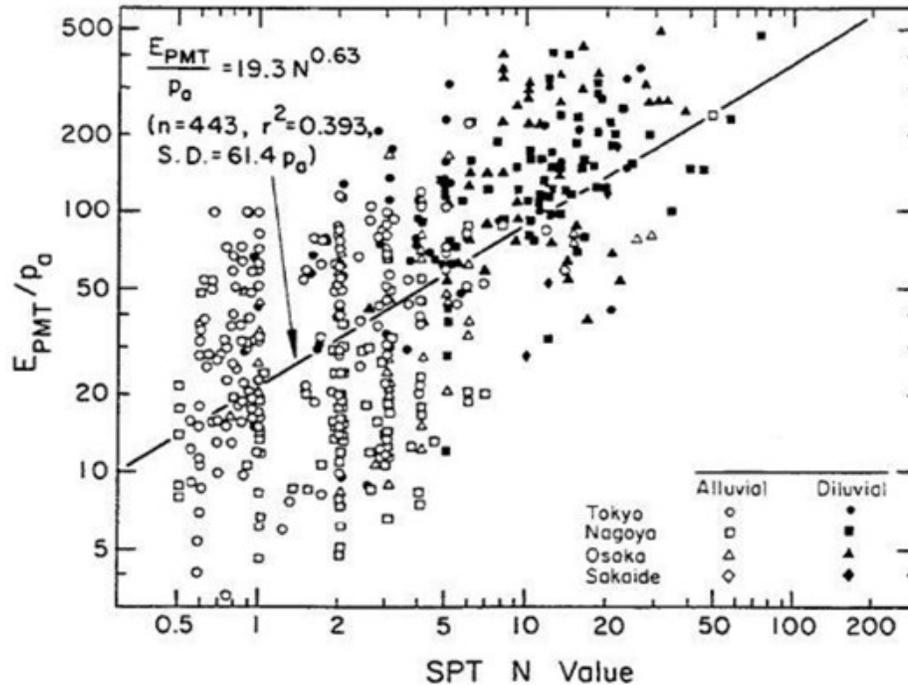
$$C_N = 3 / (2 + \sigma'_{vo}/100) \text{ (Ghiaie e Sabbie e Ghiaie)}$$

I risultati delle prove dinamiche sopra menzionate, sono stati anche impiegati per la stima della deformabilità dei terreni sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi utilizzando la correlazione proposta da d'Appollonia et al (1970), che lega il valore del modulo di Young operativo  $E'$ , con il numero di colpi secondo le seguenti relazioni:

$$E' = 191 + 7.71 N_{spt}$$

e, relativamente ai depositi limosi e alla coltre superficiale dalla correlazione proposta da Ohya et al (1982):

$$E_u = 1.93 (N_{60})^{0.63}$$



Il valore del modulo in condizioni drenate è stato ricavato mediante le correlazioni dell'elasticità:

$$E' = E_u (1 + \nu) / 1.5$$

Nelle prove di permeabilità Lefranc eseguite a livello variabile, si misura, in un certo intervallo di tempo, la variazione del livello di acqua all'interno di un foro di sondaggio (opportunitamente condizionato) in corrispondenza ad un certo carico idraulico imposto secondo la seguente espressione:

$$k = A \cdot \Delta H / C \cdot \Delta t \cdot h$$

dove:

- k: permeabilità
- A: area di base della tasca filtrante
- $\Delta H$ : differenza di carico idraulico
- $\Delta t$ : intervallo di tempo della misura del livello di carico idraulico
- h: livello del carico idraulico medio corrispondente al tempo medio di misura
- C: coefficiente di forma che tiene conto della geometria del tratto di prova

### 7.3 UNITA' GEOTECNICHE

#### 7.3.1 Unità A – Coltre superficiale

I depositi dell'unità A costituiscono il litotipo superficiale della coltre di riporto che caratterizza l'area di progetto.

Sono indicati nelle seguenti tabelle i valori ottenuti dalle prove SPT e le relative elaborazioni in termini di parametri meccanici, che sono poi stati utilizzati ai fini della determinazione dei parametri caratteristici per il litotipo in esame.

##### 7.3.1.1 Prove in sito: SPT

**Tabella 19-** Prove SPT in corrispondenza Unità A.

PROVE SPT										
Sondaggio	Quota slm	prof falda da p.c	Z <sub>inizio</sub> prova (m)	N2	N3	N'=15+0.5(Nspt-15)	sigma	zw (m)	u	sigma'
SINO14 (2000)	151,6	2	1,5	2	10	12	28,5	0	0	28,5
S2 (2009)	150	2	3	7	5	12	57	1	10	47
S4 (2009)	147,5	2	3	2	3	5	57	1	10	47
S5 (2009)	148	2	1,5	5	7	12	28,5	0	0	28,5
SCMBP1B01 (2005)	-	2	1,6	9	13	18,5	30,4	0	0	30,4
PDNB01_S5 (2020)	-	2	1,5			27	28,5	0	0	28,5
PDNB01_S1 (2020)	-	2	1,5			56	28,5	0	0	28,5

**Tabella 20-** Interpretazione Prove SPT in corrispondenza Unità A.

PROVE SPT				CN	N1	DR	DR	Φ (°)	Ohya	Elasticità
Sondaggio	Quota slm	prof falda da p.c	Z <sub>inizio</sub> prova (m)	-	-	(-)	(%)	RBS	Eu	E
SINO14 (2000)	151,6	2	1,5	1,6	18,7	0,56	55,79	28	9,24	8
S2 (2009)	150	2	3	1,4	16,3	0,52	52,16	28	9,24	8
S4 (2009)	147,5	2	3	1,4	6,8	0,34	33,67	24	5,32	5
S5 (2009)	148	2	1,5	1,6	18,7	0,56	55,79	28	9,24	8
SCMBP1B01 (2005)	-	2	1,6	1,5	28,4	0,69	68,77	32	12,13	11
PDNB01_S5 (2020)	-	2	1,5	1,6	42,0	0,84	83,69	35	15,39	13
PDNB01_S1 (2020)	-	2	1,5	1,6	87,2	1,21	120,53	44	24,37	21

Nella seguente figura sono riportati i valori del numero di colpi equivalente SPT e l'angolo d'attrito corrispondente in base alle correlazione del §7.0

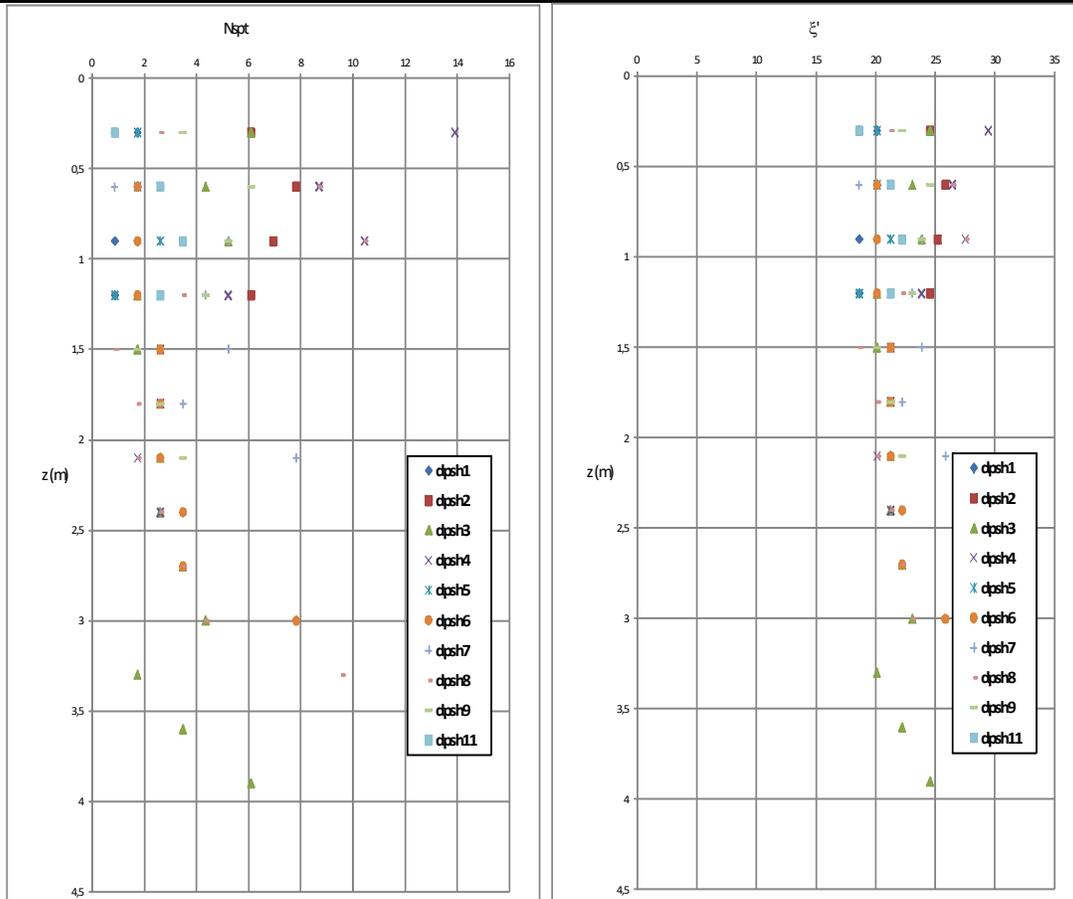


Figura 2. Andamento Nspt e angolo d'attrito interpretazione Prove DPSH in corrispondenza Unità A.

Nelle seguenti figure si riportano i risultati delle prove di laboratorio effettuate nell'ambito del litotipo.

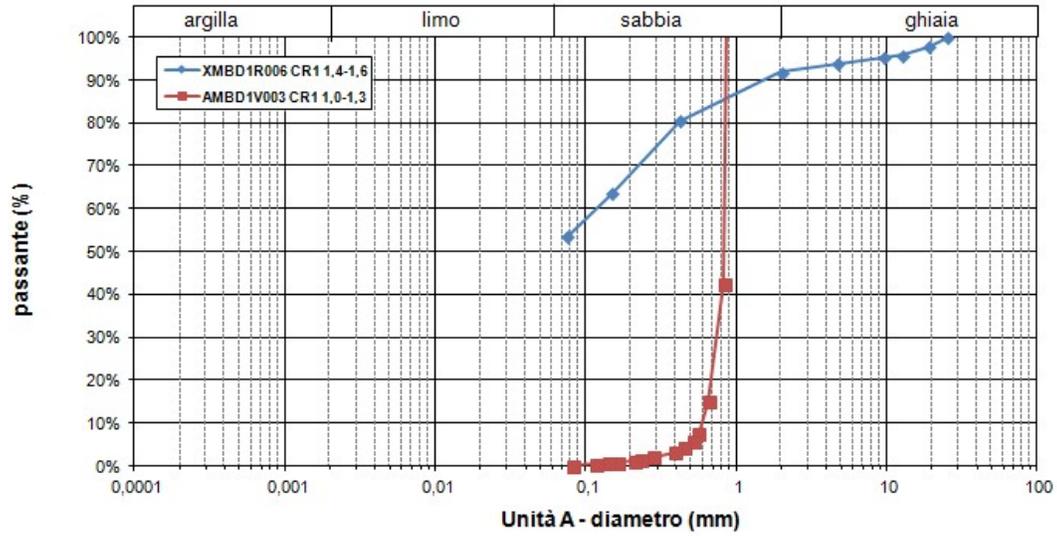
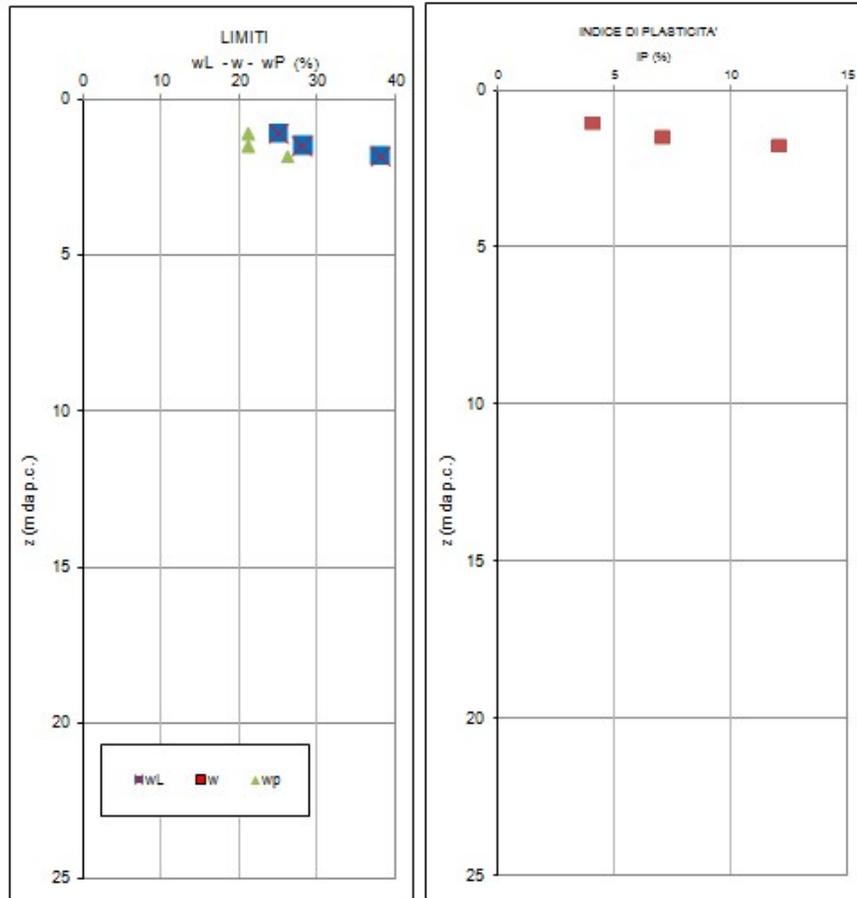


Figura 3- Granulometrie



**Figura 4-** Proprietà fisiche

### 7.3.1.2 Parametri caratteristici

Sulla base dei valori dei risultati delle prove in sito (prove penetrometriche dinamiche) e in ragione delle caratteristiche granulometriche dei depositi è stata definita la parametrizzazione per la stessa Unità.

**Tabella 21-** Riepilogo parametri caratteristici

Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Coazione efficace $c'$ (kPa)	Angolo d'attrito $\Phi$ (°)	Modulo elastico non drenato $E_u$ (MPa)	Modulo elastico $E'$ (MPa)	Permeabilità $k$ (m/s)
18.0-19.0	0	26-30	5-12	4-10	-

### 7.3.2 Unità B – Ghiaie e sabbie

I depositi dell'unità B costituiscono i depositi più grossolani di natura prevalentemente ghiaiosa che si presentano in modo prevalente a partire dalle minori profondità e con spessori variabili e compresi tra 6-8 m. Tale formazione è stata altresì rinvenuta in corrispondenza delle verticali più profonde (SINO 14-S264-SI 35) anche a 35-45 m dal piano campagna.

Sono indicati nelle seguenti tabelle i valori ottenuti dalle prove SPT e le relative elaborazioni in termini di parametri meccanici, che sono poi state utilizzate ai fini della determinazione dei parametri caratteristici per il litotipo in esame.

7.3.2.1 Prove in sito: SPT

Tabella 22- Prove SPT in corrispondenza Unità B.

PROVE SPT										
Sondaggio	Quota slm	prof falda da p.c	Z <sub>inizio</sub> prova (m)	N2	N3	N <sub>15</sub> =15+0.5(Nspt-15)	sigma	zw (m)	u	sigma'
S257 (1992)	157,1	2	3,0	25	22	47	57	1	10	47
S257 (1992)	157,1	2	6,0	56	25	81	114	4	40	74
S257 (1992)	157,1	2	9,0	53	44	97	171	7	70	101
S257 (1992)	157,1	2	12,0	0	100	100	228	10	100	128
S257 (1992)	157,1	2	15,0	31	30	61	285	13	130	155
S257 (1992)	157,1	2	33,0	46	54	100	627	31	310	317
S257 (1992)	157,1	2	36,0	46	39	85	684	34	340	344
S257 (1992)	157,1	2	39,0	50	50	100	741	37	370	371
S257 (1992)	157,1	2	42,0	50	50	100	798	40	400	398
S258 (1992)	155,76	2	3,0	10	16	26	57	1	10	47
S258 (1992)	155,76	2	6,0	22	30	52	114	4	40	74
S258 (1992)	155,76	2	9,0	18	26	44	171	7	70	101
S258 (1992)	155,76	2	12,2	21	26	47	232	10	102	130
S258 (1992)	155,76	2	15,0	31	34	65	285	13	130	155
S260 (1992)	153,74	2	3,0	23	31	54	58	1	10	47
S260 (1992)	153,74	2	6,0	23	35	58	115	4	40	74
S261 (1992)	151,82	2	3,0	18	18	36	58	1	10	47
S261 (1992)	151,82	2	6,0	10	12	22	115	4	40	74
S263 (1992)	152,91	2	3	16	17	33	58	1	11	47
S263 (1992)	152,91	2	6	16	20	36	115	4	41	74
S264 (1992)	148	2	3	16	18	34	58	1,06	10,6	47,54
S264 (1992)	148	2	6	20	25	45	115	4,06	40,6	74,54
S264 (1992)	148	2	9,0	19	21	40	172	7,03	70,3	101,27
S264 (1992)	148	2	36,0	30	34	64	684,19	34,01	340,1	344,09
S264 (1992)	148	2	39,0	39	42	81	741,19	37,01	370,1	371,09
S264 (1992)	148	2	42,0	71	29	100	798,19	40,01	400,1	398,09
S266 (1992)	-	2	3	12	9	21	58,33	1,07	10,7	47,63
S266 (1992)	-	2	6	11	13	24	115,33	4,07	40,7	74,63
S266 (1992)	-	2	9,0	10	12	22	171,76	7,04	70,4	101,36
S266 (1992)	-	2	15,0	35	44	79	285,57	13,03	130,3	155,27
S266 (1992)	-	2	21,0	26	34	60	399,19	19,01	190,1	209,09
S266 (1992)	-	2	24,0	24	31	55	456,19	22,01	220,1	236,09
S267 (1992)	-	2	3	15	17	32	58,52	1,08	10,8	47,72
S267 (1992)	-	2	6	16	24	40	115,52	4,08	40,8	74,72
S267 (1992)	-	2	9	15	12	27	171,95	7,05	70,5	101,45
S267 (1992)	-	2	12,0	18	22	40	228,57	10,03	100,3	128,27
S267 (1992)	-	2	27,0	19	29	48	513,19	25,01	250,1	263,09
S267 (1992)	-	2	30,0	27	40	67	570,19	28,01	280,1	290,09
S267 (1992)	-	2	36,0	27	31	58	684,19	34,01	340,1	344,09
S267 (1992)	-	2	39,0	38	44	82	741,19	37,01	370,1	371,09
S267 (1992)	-	2	42,0	50	50	100	798,19	40,01	400,1	398,09
S267 (1992)	-	2	45,0	31	48	79	855,19	43,01	430,1	425,09
SN81 (2000)	149,315	2	1,5	13	20	33	28,5	0	0	28,5
SN81 (2000)	149,315	2	3,0	11	16	27	57	1	10	47
SN81 (2000)	149,315	2	4,5	7	15	22	85,5	2,5	25	60,5
SN81 (2000)	149,315	2	6,0	10	10	20	114	4	40	74
SN81 (2000)	149,315	2	9,0	10	31	41	171	7	70	101
SN81 (2000)	149,315	2	12,0	13	26	39	228	10	100	128
SN81 (2000)	149,315	2	18,0	11	19	30	342	16	160	182
SN81 (2000)	149,315	2	22,5	10	25	35	427,5	20,5	205	222,5
SINO14 (2000)	151,6	2	3,0	15	33	48	57	1	10	47
SINO14 (2000)	151,6	2	4,5	7	15	22	85,5	2,5	25	60,5
SINO14 (2000)	151,6	2	7,5	15	22	37	142,5	5,5	55	87,5

SINO15 (2000)	150,661	2	3,0	11	22	33	57	1	10
SINO15 (2000)	150,661	2	4,5	9	13	22	85,5	2,5	25
SINO15 (2000)	150,661	2	6,0	7	37	44	114	4	40
SINO15 (2000)	150,661	2	9,0	11	22	33	171	7	70
SINO16 (2000)	150,769	2	1,5	9	14	23	28,5	0	0
SINO16 (2000)	150,769	2	3,0	6	7	13	57	1	10
SINO16 (2000)	150,769	2	4,5	12	24	36	85,5	2,5	25
SINO16 (2000)	150,769	2	6,0	8	23	31	114	4	40
SINO17 (2000)	149,293	2	3,0	15	12	27	57	1	10
SINO17 (2000)	149,293	2	4,5	14	17	31	85,5	2,5	25
SINO17 (2000)	149,293	2	7,5	9	19	28	142,5	5,5	55
SINO17 (2000)	149,293	2	15,0	10	13	23	285	13	130
SINO18 (2000)	150,659	2	3,0	4	20	24	57	1	10
SINO18 (2000)	150,659	2	4,5	6	16	22	85,5	2,5	25
SINO18 (2000)	150,659	2	6,0	12	13	25	114	4	40
SINO18 (2000)	150,659	2	7,5	7	14	21	142,5	5,5	55
SINO18 (2000)	150,659	2	10,5	17	34	51	199,5	8,5	85
SI35 (2001)	152,307	2	3,0	12	24	36	57	1	10
SI35 (2001)	152,307	2	6,0	50	50	100	114	4	40
SI36 (2001)	151,29	2	3,0	15	21	36	57	1	10
SI36 (2001)	151,29	2	6,0	50	50	100	114	4	40
SI36 (2001)	151,29	2	9,0	12	19	31	171	7	70
S1 (2009)	148	2	3,0	13	15	28	57	1	10
S1 (2009)	148	2	6,0	20	21	41	114	4	40
S1 (2009)	148	2	9,0	19	19	38	171	7	70
S2 (2009)	150	2	6,0	22	24	46	114	4	40
S3 (2009)	150,5	2	3,0	27	32	59	57	1	10
S3 (2009)	150,5	2	6,0	29	35	64	114	4	40
S4 (2009)	147,5	2	6,0	20	27	47	114	4	40
S5 (2009)	148	2	4,5	11	18	29	85,5	2,5	25
S5 (2009)	148	2	7,5	13	18	31	142,5	5,5	55
S6 (2009)	152	2	3,0	7	10	17	57	1	10
SCMAP1V01 (2011)	158	2	4,0	15	30	45	76	2	20
SCMAP1V01 (2011)	158	2	8,0	14	33	47	152	6	60
SCMAP1V01 (2011)	158	2	11,0	13	29	42	209	9	90
SCMAP1V01 (2011)	158	2	14,0	6	21	27	266	12	120
PNMAP1B02 (2011)	161	2	3,0	12	18	30	57	1	10
PNMAP1B02 (2011)	161	2	6,0	11	36	47	114	4	40
PNMAP1B02 (2011)	161	2	9,0	11	17	28	171	7	70
AMBD1V002 (2002)	-	2	6,0	10	7	17	114	4	40
AMBD1V002 (2002)	-	2	37,5	50	50	100	712,5	35,5	355
AMBD1V002 (2002)	-	2	40,0	50	50	100	760	38	380
AMBD1V003 (2002)	-	2	3,0	8	50	58	57	1	10
AMBD1V003 (2002)	-	2	36,0	21	24	45	684	34	340
AMBD1V003 (2002)	-	2	37,5	13	28	41	712,5	35,5	355
AMBD1V003 (2002)	-	2	39,0	18	20	38	741	37	370
AMBD1V003 (2002)	-	2	40,0	28	27	55	760	38	380
AMBD1V003 (2002)	-	2	3,0	18	24	42	57	1	10
XMBD1R001 (2002)	-	2	3,0	3	6	9	57	1	10
XMBD1R001 (2002)	-	2	9,0	14	13	27	171	7	70
XMBD1R005 (2002)	-	2	3,0	4	12	16	57	1	10
XMBD1R005 (2002)	-	2	6,0	24	22	46	114	4	40
XMBD1R006 (2002)	-	2	3,0	21	23	44	57	1	10
PNMBP1V02 (2004)	141	2	3,0	36	48	84	57	1	10
PNMBP1V02 (2004)	141	2	6,0	27	39	66	114	4	40
PNMBP1V02 (2004)	141	2	9,0	29	35	64	171	7	70
PNMBP1V02 (2004)	141	2	15,0	17	19	36	285	13	130
SCMBP1B01 (2005)	-	2	3,0	11	18	29	57	1	10
SCMBP1B01 (2005)	-	2	4,5	14	19	33	85,5	2,5	25
SCMBP1B01 (2005)	-	2	5,7	21	30	51	108,3	3,7	37
SCMBP1B01 (2005)	-	2	9,2	9	14	23	174,8	7,2	72
SCMBP1B01 (2005)	-	2	12,1	18	24	42	229,9	10,1	101

PROVE SPT										
Sondaggio	Quota slm	prof falda da p.c	Z <sub>inizio</sub> prova (m)	N2	N3	N'=15+0.5(Nspt-15)	sigma	zw (m)	u	sigma'
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	4,5			100	85,5	2,5	25	60,5
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	6,0			57	114	4	40	74
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	9,0			47	171	7	70	101
PDNB01_S6 (2020)	150	2	1,5			9	28,5	0	0	28,5
PDNB01_S6 (2020)	150	2	3,0			57	57	1	10	47
PDNB01_S6 (2020)	150	2	4,5			49	85,5	2,5	25	60,5
PDNB01_S6 (2020)	150	2	6,0			100	114	4	40	74
PDNB01_S3 (2020)	154	2	3,0			34	57	1	10	47
PDNB01_S3 (2020)	154	2	4,5			36	85,5	2,5	25	60,5
PDNB01_S3 (2020)	154	2	6,0			57	114	4	40	74
PDNB01_S3 (2020)	154	2	9,0			100	171	7	70	101
PDNB01_S3 (2020)	154	2	12,0			38	228	10	100	128
PDNB01_S3 (2020)	154	2	15,0			26	285	13	130	155
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	3,0			44	57	1	10	47
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	4,5			100	85,5	2,5	25	60,5
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	6,0			78	114	4	40	74
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	9,0			100	171	7	70	101

**Tabella 23-** Interpretazione Prove SPT in corrispondenza Unità B.

PROVE SPT				CN	NI	DR	DR	Φ (°)	D'Apollonia	
Sondaggio	Quota slm	prof falda da p.c	Z <sub>inizio</sub> prova (m)	-	-	(-)	(%)	Schmertmann	E	
S257 (1992)	157,1	2	3,0	1,2	57,1	0,98	97,54	44	55	
S257 (1992)	157,1	2	6,0	1,1	88,7					
S257 (1992)	157,1	2	9,0	1,0	96,7					
S257 (1992)	157,1	2	12,0							
S257 (1992)	157,1	2	15,0	0,8	51,5	0,93	92,69	44	66	
S257 (1992)	157,1	2	33,0							
S257 (1992)	157,1	2	36,0	0,6	46,9	0,88	88,39	43	85	
S257 (1992)	157,1	2	39,0				0,00	35	96	
S257 (1992)	157,1	2	42,0							
S258 (1992)	155,76	2	3,0	1,2	31,6	0,73	72,52	42	39	
S258 (1992)	155,76	2	6,0	1,1	56,9	0,97	97,38	44	59	
S258 (1992)	155,76	2	9,0	1,0	43,8	0,85	85,47	43	53	
S258 (1992)	155,76	2	12,2	0,9	42,8	0,84	84,41	43	55	
S258 (1992)	155,76	2	15,0	0,8	54,9	0,96	95,66	44	69	
S260 (1992)	153,74	2	3,0	1,2	65,5					
S260 (1992)	153,74	2	6,0	1,1	63,4					
S261 (1992)	151,82	2	3,0	1,2	43,7	0,85	85,30	43	47	
S261 (1992)	151,82	2	6,0	1,1	24,1	0,63	63,32	41	36	
S263 (1992)	152,91	2	3	1,2	40,0	0,82	81,66	43	45	
S263 (1992)	152,91	2	6	1,1	39,4	0,81	80,99	43	47	
S264 (1992)	148	2	3	1,2	41,2	0,83	82,87	43	45	
S264 (1992)	148	2	6	1,1	49,2	0,91	90,53	44	54	
S264 (1992)	148	2	9,0	1,0	39,8	0,81	81,48	43	50	
S264 (1992)	148	2	36,0	0,6	35,3	0,77	76,69	42	68	
S264 (1992)	148	2	39,0	0,5	42,6	0,84	84,21	43	82	
S264 (1992)	148	2	42,0							
S266 (1992)	-	2	3	1,2	25,4	0,65	65,12	41	35	
S266 (1992)	-	2	6	1,1	26,2	0,66	66,10	41	38	
S266 (1992)	-	2	9,0	1,0	21,9	0,60	60,42	41	36	
S266 (1992)	-	2	15,0	0,8	66,7					
S266 (1992)	-	2	21,0	0,7	44,0	0,86	85,63	43	65	
S266 (1992)	-	2	24,0	0,7	37,8	0,79	79,41	42	62	
S267 (1992)	-	2	3	1,2	38,8	0,80	80,37	43	44	
S267 (1992)	-	2	6	1,1	43,7	0,85	85,32	43	50	
S267 (1992)	-	2	9	1,0	26,9	0,67	66,92	41	40	
S267 (1992)	-	2	12,0	0,9	36,6	0,78	78,05	42	50	
S267 (1992)	-	2	27,0	0,6	31,1	0,72	71,99	42	56	
S267 (1992)	-	2	30,0	0,6	41,0	0,83	82,68	43	71	
S267 (1992)	-	2	36,0	0,6	32,0	0,73	73,01	42	64	
S267 (1992)	-	2	39,0	0,5	43,1	0,85	84,73	43	82	
S267 (1992)	-	2	42,0							
S267 (1992)	-	2	45,0	0,5	37,9	0,79	79,49	42	80	
SN81 (2000)	149,315	2	1,5	1,3	43,3	0,85	84,98	43	45	
SN81 (2000)	149,315	2	3,0	1,2	32,8	0,74	73,93	42	40	
SN81 (2000)	149,315	2	4,5	1,2	25,3	0,65	64,98	41	36	
SN81 (2000)	149,315	2	6,0	1,1	21,9	0,60	60,41	41	35	
SN81 (2000)	149,315	2	9,0	1,0	40,9	0,83	82,53	43	51	
SN81 (2000)	149,315	2	12,0	0,9	35,7	0,77	77,10	42	49	
SN81 (2000)	149,315	2	18,0	0,8	23,6	0,63	62,66	41	42	
SN81 (2000)	149,315	2	22,5	0,7	24,9	0,64	64,36	41	46	
SINO14 (2000)	151,6	2	3,0	1,2	58,3	0,99	98,57	44	56	
SINO14 (2000)	151,6	2	4,5	1,2	25,3	0,65	64,98	41	36	

SINO15 (2000)	150,661	2	3,0	1,2	40,1	0,82	81,73	43	45
SINO15 (2000)	150,661	2	4,5	1,2	25,3	0,65	64,98	41	36
SINO15 (2000)	150,661	2	6,0	1,1	48,2	0,90	89,61	43	53
SINO15 (2000)	150,661	2	9,0	1,0	32,9	0,74	74,04	42	45
SINO16 (2000)	150,769	2	1,5	1,3	30,2	0,71	70,94	42	37
SINO16 (2000)	150,769	2	3,0	1,2	15,8	0,51	51,30	40	29
SINO16 (2000)	150,769	2	4,5	1,2	41,5	0,83	83,13	43	47
SINO16 (2000)	150,769	2	6,0	1,1	33,9	0,75	75,21	42	43
SINO17 (2000)	149,293	2	3,0	1,2	32,8	0,74	73,93	42	40
SINO17 (2000)	149,293	2	4,5	1,2	35,7	0,77	77,14	42	43
SINO17 (2000)	149,293	2	7,5	1,0	29,2	0,70	69,78	41	41
SINO17 (2000)	149,293	2	15,0	0,8	19,4	0,57	56,92	40	37
SINO18 (2000)	150,659	2	3,0	1,2	29,1	0,70	69,70	41	38
SINO18 (2000)	150,659	2	4,5	1,2	25,3	0,65	64,98	41	36
SINO18 (2000)	150,659	2	6,0	1,1	27,4	0,68	67,54	41	38
SINO18 (2000)	150,659	2	7,5	1,0	21,9	0,60	60,43	41	35
SINO18 (2000)	150,659	2	10,5	1,0	48,6	0,90	90,05	44	58
SI35 (2001)	152,307	2	3,0	1,2	43,7	0,85	85,37	43	47
SI35 (2001)	152,307	2	6,0						
SI36 (2001)	151,29	2	3,0	1,2	43,7	0,85	85,37	43	47
SI36 (2001)	151,29	2	6,0	1,1	109,5	1,35	135,09	48	96
SI36 (2001)	151,29	2	9,0	1,0	30,9	0,72	71,76	42	43
S1 (2009)	148	2	3,0	1,2	34,0	0,75	75,29	42	41
S1 (2009)	148	2	6,0	1,1	44,9	0,86	86,50	43	51
S1 (2009)	148	2	9,0	1,0	37,9	0,79	79,45	42	48
S2 (2009)	150	2	6,0	1,1	50,4	0,92	91,62	44	55
S3 (2009)	150,5	2	3,0	1,2	71,7	1,09	109,29	45	65
S3 (2009)	150,5	2	6,0	1,1	70,1	1,08	108,07	45	68
S4 (2009)	147,5	2	6,0	1,1	51,5	0,93	92,61	44	55
S5 (2009)	148	2	4,5	1,2	33,4	0,75	74,61	42	41
S5 (2009)	148	2	7,5	1,0	32,3	0,73	73,43	42	43
S6 (2009)	152	2	3,0	1,2	20,6	0,59	58,66	40	32
SCMAP1V01 (2011)	158	2	4,0	1,2	52,7	0,94	93,75	44	54
SCMAP1V01 (2011)	158	2	8,0	1,0	48,3	0,90	89,71	43	55
SCMAP1V01 (2011)	158	2	11,0	0,9	39,5	0,81	81,14	43	51
SCMAP1V01 (2011)	158	2	14,0	0,9	23,4	0,62	62,46	41	40
PNMAP1B02 (2011)	161	2	3,0	1,2	36,4	0,78	77,93	42	42
PNMAP1B02 (2011)	161	2	6,0	1,1	51,5	0,93	92,61	44	55
PNMAP1B02 (2011)	161	2	9,0	1,0	27,9	0,68	68,20	41	41
AMBD1V002 (2002)	-	2	6,0	1,1494	19,54	0,571	57,068	36	32
AMBD1V002 (2002)	-	2	37,5	0,4372	43,716	0,854	85,358	40	96
AMBD1V002 (2002)	-	2	40,0	0,4167	41,667	0,833	83,333	40	96
AMBD1V003 (2002)	-	2	3,0	1,3605	78,912	1,147		28	64
AMBD1V003 (2002)	-	2	36,0	0,4505	20,27	0,581	58,124	36	54
AMBD1V003 (2002)	-	2	37,5	0,4372	17,923	0,547	54,656	36	51
AMBD1V003 (2002)	-	2	39,0	0,4246	16,136	0,519	51,859	35	48
AMBD1V003 (2002)	-	2	40,0	0,4167	22,917	0,618	61,802	37	62
AMBD1V003 (2002)	-	2	3,0	1,3605	57,143	0,976	97,590	42	51
XMBD1R001 (2002)	-	2	3,0	1,3605	12,245	0,452	45,175	34	26
XMBD1R001 (2002)	-	2	9,0	0,995	26,866	0,669	66,915	37	40
XMBD1R005 (2002)	-	2	3,0	1,3605	21,769	0,602	60,234	36	31
XMBD1R005 (2002)	-	2	6,0	1,1494	52,874	0,939	93,874	41	55
XMBD1R006 (2002)	-	2	3,0	1,3605	59,864	0,999	99,887	42	53
PNMBP1V02 (2004)	141	2	3,0	1,3605	114,29	1,380	138,013	47	84
PNMBP1V02 (2004)	141	2	6,0	1,1494	75,862	1,124	112,444	44	70
PNMBP1V02 (2004)	141	2	9,0	0,995	63,682	1,030	103,022	42	68
PNMBP1V02 (2004)	141	2	15,0	0,7843	28,235	0,686	68,599	38	47
SCMBP1B01 (2005)	-	2	3,0	1,3605	39,456	0,811	81,092	39	41
SCMBP1B01 (2005)	-	2	4,5	1,2461	41,121	0,828	82,786	40	45
SCMBP1B01 (2005)	-	2	5,7	1,1675	59,545	0,996	99,620	42	58
SCMBP1B01 (2005)	-	2	9,2	0,9862	22,682	0,615	61,485	37	37
SCMBP1B01 (2005)	-	2	12,1	0,8737	36,697	0,782	78,206	39	51

PROVE SPT				CN	NI	DR	DR	Φ (°)	D'Apollonia
Sondaggio	Quota slm	prof falda da p.c	Z <sub>inizio</sub> prova (m)	-	-	(-)	(%)	Schmertmann	E
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	4,5	1,2461	124,61				
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	6,0	1,1494	65,517	1,045	104,497	43	63
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	9,0	0,995	46,766	0,883	88,286	40	55
PDNB01_S6 (2020)	150	2	1,5	1,5564	14,008	0,483	48,318	35	26
PDNB01_S6 (2020)	150	2	3,0	1,3605	77,551	1,137		28	63
PDNB01_S6 (2020)	150	2	4,5	1,2461	61,059	1,009	100,879	42	57
PDNB01_S6 (2020)	150	2	6,0	1,1494	114,94				
PDNB01_S3 (2020)	154	2	3,0	1,3605	46,259	0,878	87,805	40	45
PDNB01_S3 (2020)	154	2	4,5	1,2461	44,86	0,865	86,468	40	47
PDNB01_S3 (2020)	154	2	6,0	1,1494	65,517	1,045	104,497	43	63
PDNB01_S3 (2020)	154	2	9,0	0,995	99,502				
PDNB01_S3 (2020)	154	2	12,0	0,8772	33,333	0,745	74,536	38	48
PDNB01_S3 (2020)	154	2	15,0	0,7843	20,392	0,583	58,298	36	39
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	3,0	1,3605	59,864	0,999	99,887	42	53
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	4,5	1,2461	124,61				
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	6,0	1,1494	89,655	1,222	122,240	45	79
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	9,0	0,995	99,502				

Nell'ambito della campagna d'indagine 2020 è stata eseguita una prova pressiometrica Menard nel sondaggio PDNB01\_S3 alla profondità di 7.5 m che ha fornito un valore del modulo pressioemtrico pari a 64.8 MPa.

Nelle seguenti Figure si riportano in forma grafica gli andamenti con la profondità dei valori ottenuti dalle prove SPT e le relative elaborazioni in termini di parametri meccanici (angolo d'attrito e deformabilità), che sono poi state utilizzate ai fini della determinazione dei parametri caratteristici per il litotipo in esame.

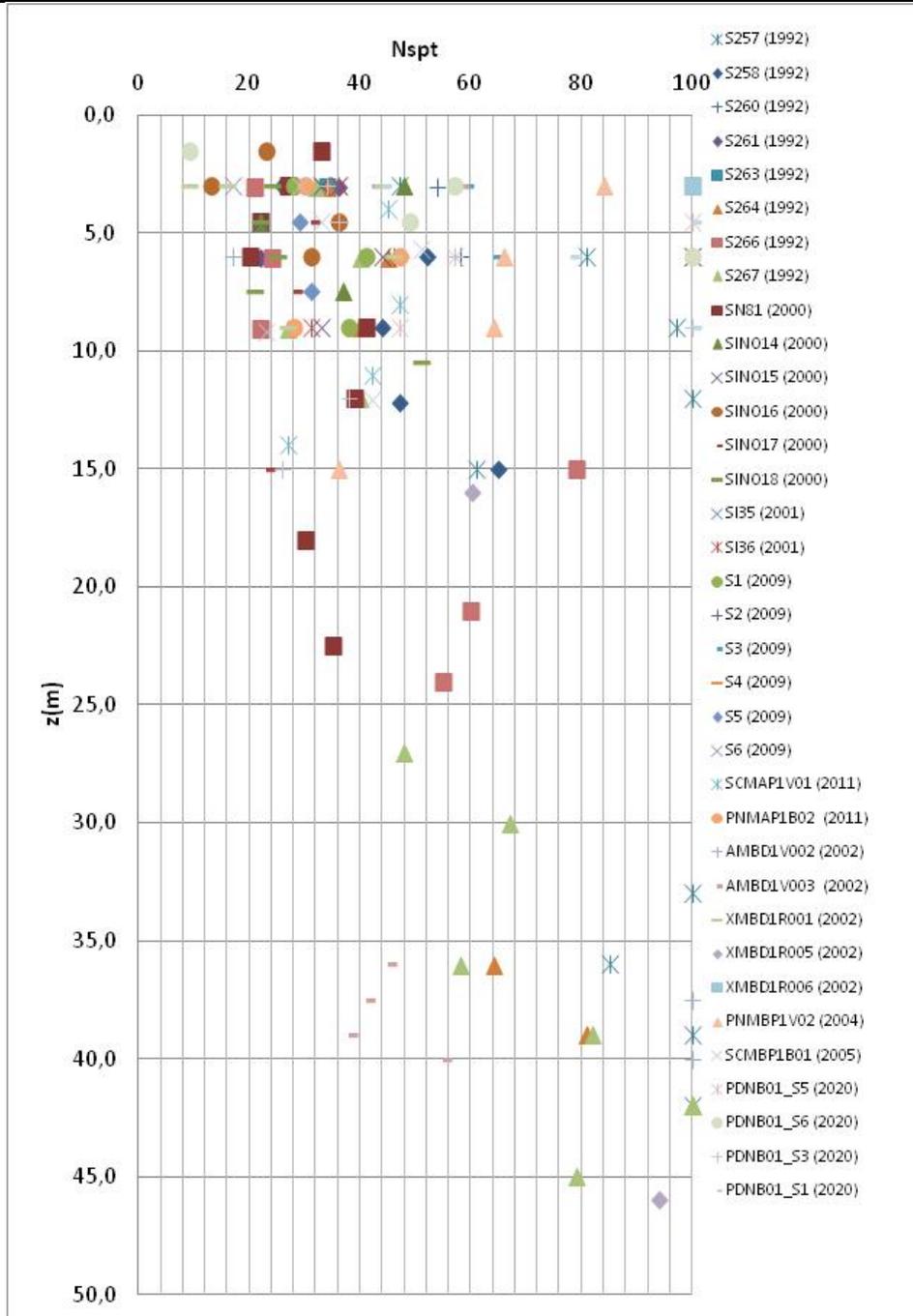


Figura 5- Nspt

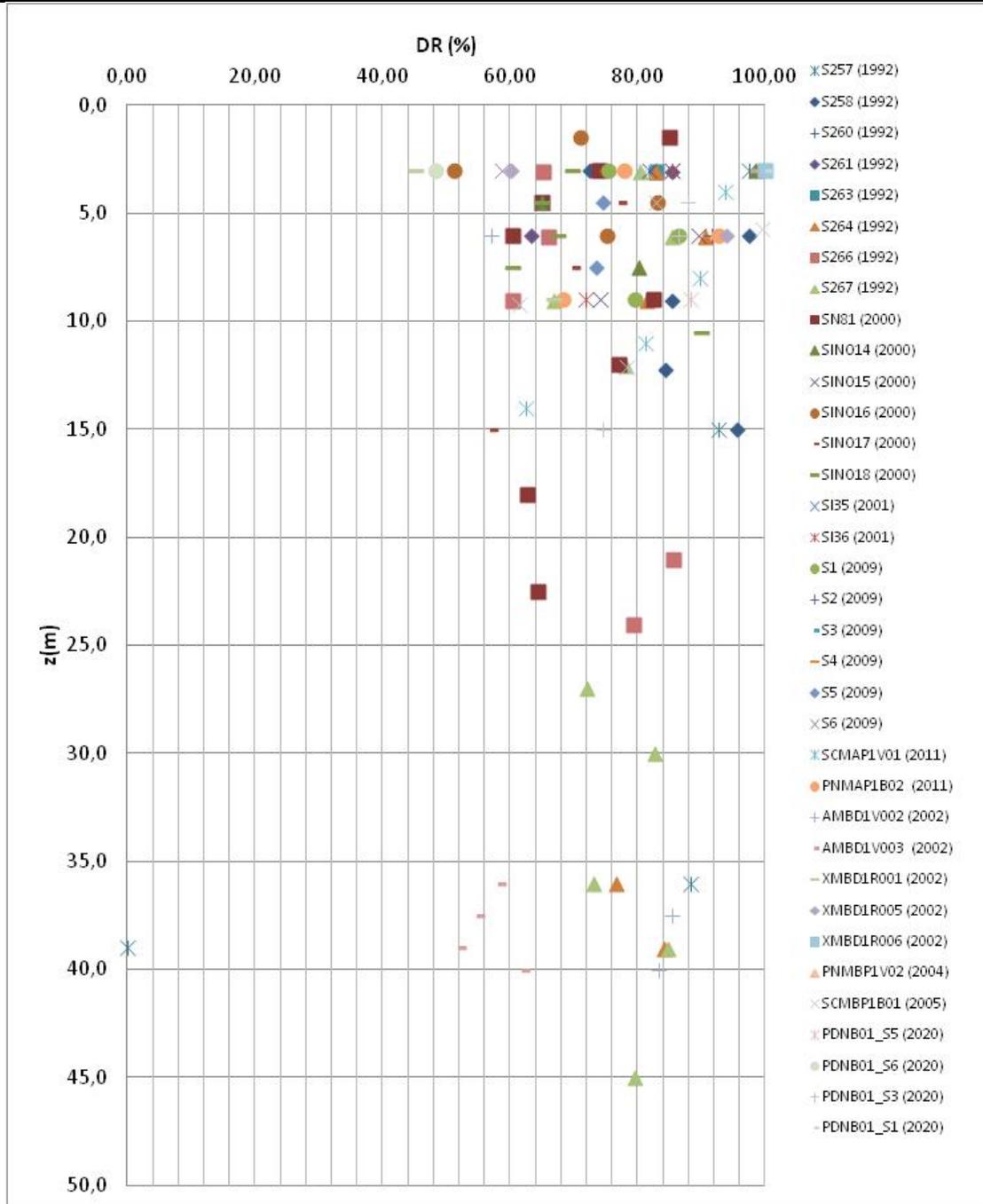


Figura 6- Densità relativa - Skempton

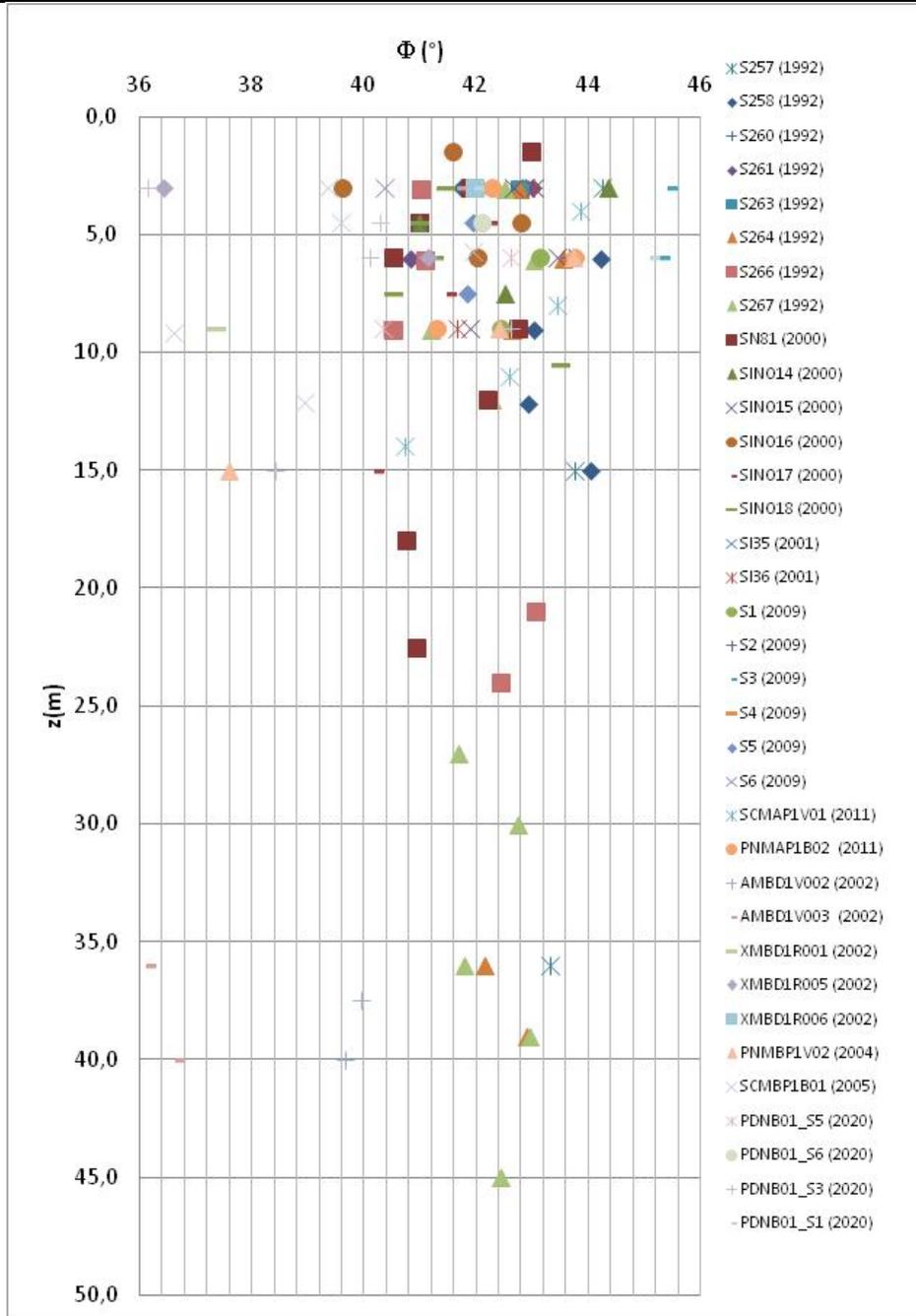


Figura 7- Angolo d'attrito - Schmertmann

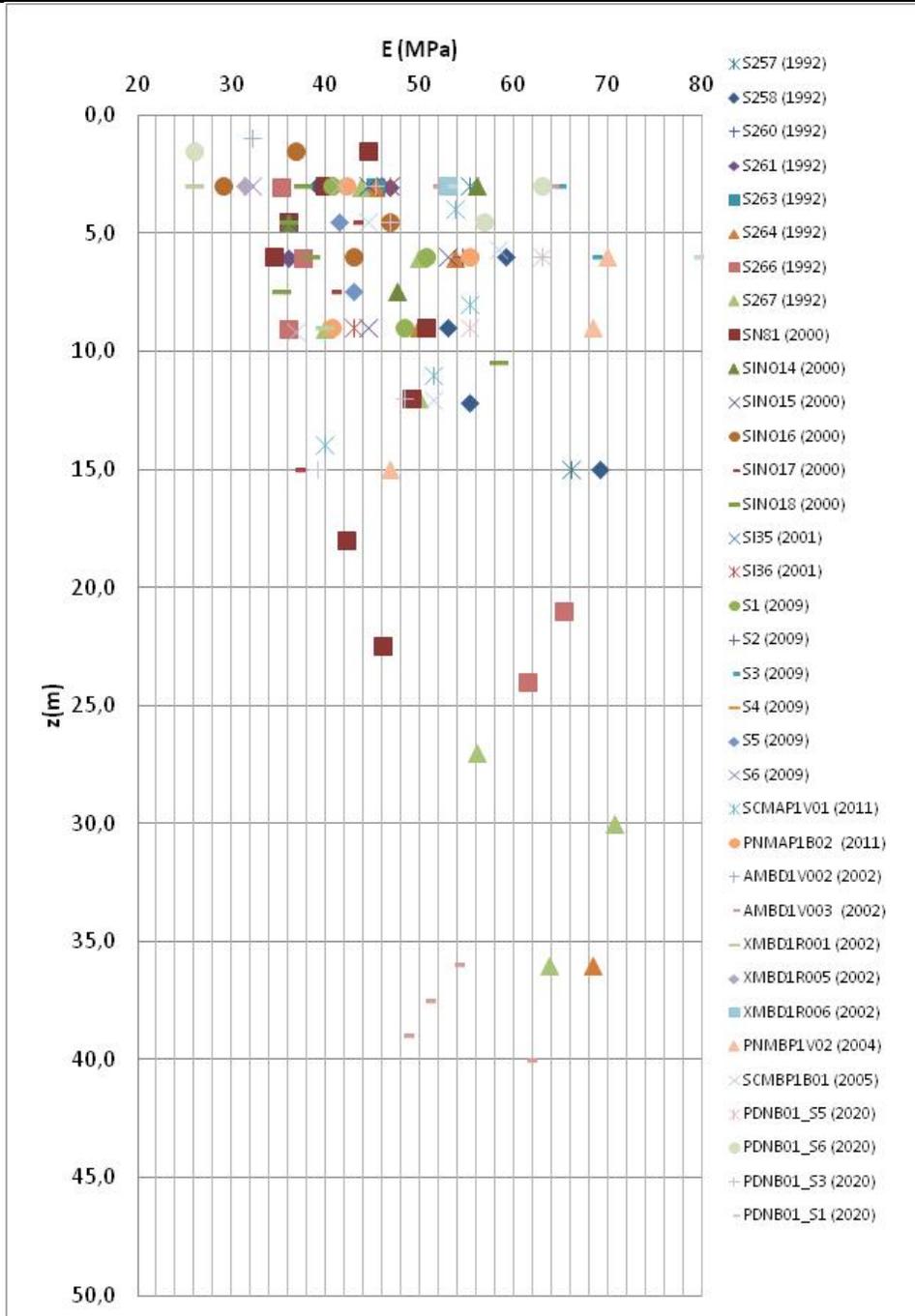


Figura 8- Modulo di rigidità – D'Apollonia

Nella seguente figura sono riportati i valori del numero di colpi equivalente SPT e l'angolo d'attrito corrispondente in base alle correlazione del §7.0

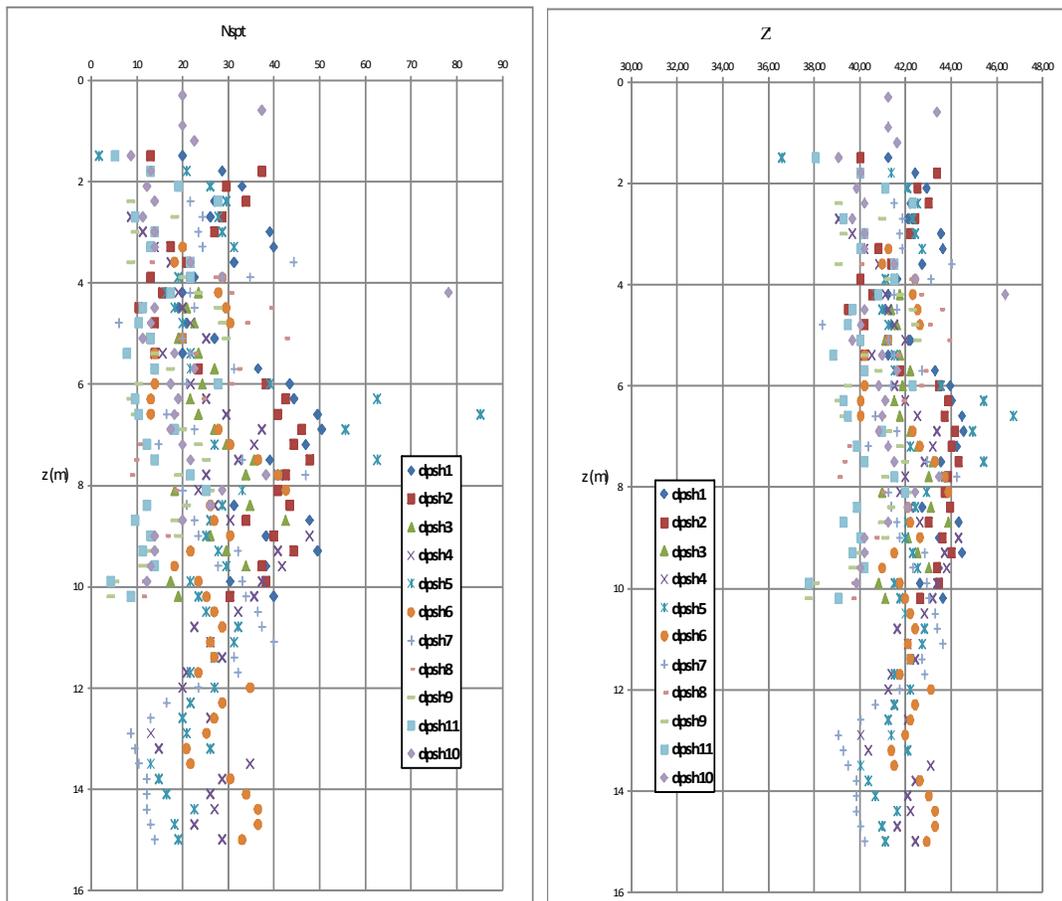


Figura 9. Andamento Nspt e angolo d'attrito interpretazione Prove DPSH in corrispondenza Unità B.

Nella seguente figura si riportano i fusi granulometrici rilevati nei campioni rimaneggiati prelevati in corrispondenza delle prove Nspt, dai quali si evince come si tratti in prevalenza di sabbie e ghiaie a tratti debolmente limose.

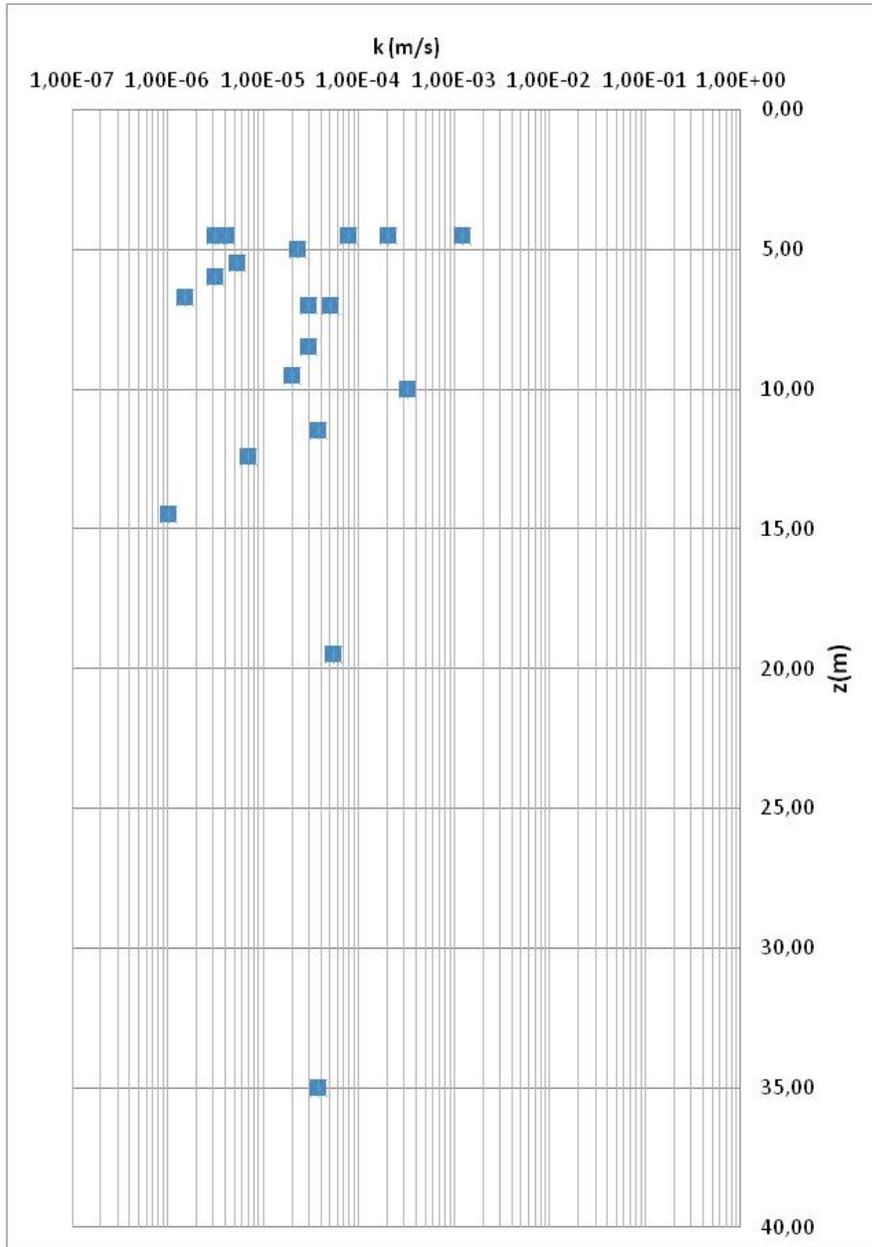


Figura 10- Permeabilità – Prove Lefranc

Nelle seguenti figure si riportano i risultati delle prove di laboratorio effettuate nell'ambito del litotipo.

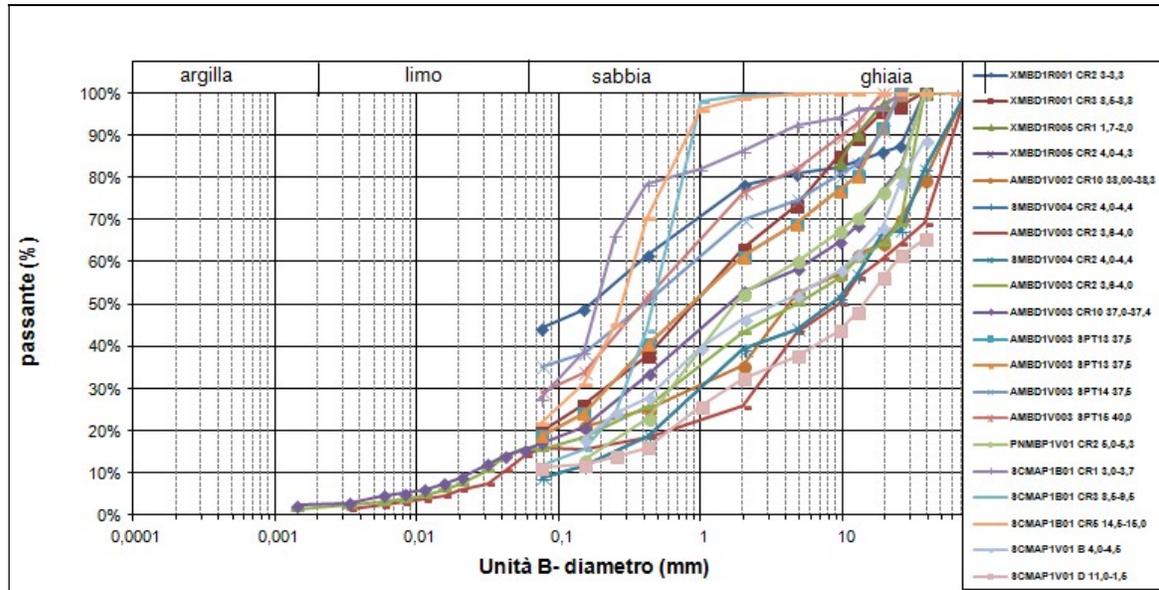


Figura 11- Granulometrie

### 7.3.2.2 Parametri caratteristici

Sulla base dei valori dei risultati delle prove in sito (prove penetrometriche dinamiche) e in ragione delle caratteristiche granulometriche dei depositi è stata definita la parametrizzazione per la stessa Unità.

Tabella 24- Riepilogo parametri caratteristici

Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Coesione efficace $c'$ (kPa)	Angolo d'attrito $\Phi$ (°)	Modulo elastico $E'$ (MPa)	Densità relativa (%)	N spt	Permeabilità k (m/s)
20.0	0	40-44	35-60 da 0 a 10 m 45-70 >10	60-80 da 0 a 10 m 70-90 >10	20-50 da 0 a 10 m 30-60 >10	$10^{-4} - 10^{-5}$

	NODO DI NOVARA <b>1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA NM0Y00	LOTTO D11	CODIFICA GEOC0001	DOCUMENTO 001	REV. A

### 7.3.3 Unità C – Sabbie e sabbie limose

I depositi dell'unità C costituiscono i depositi di natura prevalentemente sabbiosa che si presentano in modo prevalente al disotto della formazione ghiaiosa che caratterizza tutta l'area d'intervento. Sono indicati nelle seguenti tabelle i valori ottenuti dalle prove SPT e le relative elaborazioni in termini di parametri meccanici, che sono poi state utilizzate ai fini della determinazione dei parametri caratteristici per il litotipo in esame.

#### 7.3.3.1 Prove in sito: SPT

**Tabella 25-** Prove SPT in corrispondenza Unità C.

PROVE SPT											
Sondaggio	Quota slim	prof falda da p.c	Z <sub>inizio</sub> prova (m)	Litotipo	N2	N3	N'=15+0.5(Nspt-15)	sigma	zw (m)	u	sigma'
S257 (1992)	157,1	2	18	S	9	13	18,5	342	16	160	182
S257 (1992)	157,1	2	24	S	21	29	32,5	456	22	220	236
S257 (1992)	157,1	2	27	S	19	27	30,5	513	25	250	263
S257 (1992)	157,1	2	45	S	44	49	54	855	43	430	425
S257 (1992)	157,1	2	48	S	50	50	100	912	46	460	452
S257 (1992)	157,1	2	51	S	50	50	100	969	49	490	479
S257 (1992)	157,1	2	54	S	50	50	100	1026	52	520	506
S258 (1992)	155,76	2	18	S	16	22	26,5	342	16	160	182
S260 (1992)	153,74	2	9	S	9	11	17,5	171	7	70	101
S260 (1992)	153,74	2	24	S	23	31	34,5	456	22	220	236
S261 (1992)	151,82	2	9	S	11	14	20	171	7	70	101
S261 (1992)	151,82	2	12	S	15	15	22,5	228	10	100	128
S261 (1992)	151,82	2	15	S	16	21	26	285	13	130	155
S261 (1992)	151,82	2	21	S	15	19	24,5	399	19	190	209
S261 (1992)	151,82	2	24	S	21	34	35	456	22	220	236
S263 (1992)	152,91	2	9	S	2	2	4	171	7	70	101
S263 (1992)	152,91	2	15	S	15	18	24	285	13	130	155
S263 (1992)	152,91	2	18	S	12	19	23	342	16	160	182
S263 (1992)	152,91	2	21	S	15	20	25	399	19	190	209
S263 (1992)	152,91	2	24	S	17	20	26	456	22	220	236
S264 (1992)	148	2	12	S	20	18	26,5	228	10	100	128
S264 (1992)	148	2	15	S	25	26	33	285	13	130	155
S264 (1992)	148	2	21	S	18	23	28	399	19	190	209
S264 (1992)	148	2	24	S	19	43	38,5	456	22	220	236
S264 (1992)	148	2	27	S	50	50	100	513	25	250	263
S264 (1992)	148	2	30	S	30	32	38,5	570	28	280	290
S264 (1992)	148	2	33	S	33	35	41,5	627	31	310	317
S264 (1992)	148	2	48	S	12	13	20	912	46	460	452
S264 (1992)	148	2	51	S	29	33	38,5	969	49	490	479
S264 (1992)	148	2	54	S	24	32	35,5	1026	52	520	506
S266 (1992)	-	2	12	S	13	15	21,5	228	10	100	128
S267 (1992)	-	2	21	S	12	13	20	399	19	190	209
S267 (1992)	-	2	24	S	14	15	22	456	22	220	236
S267 (1992)	-	2	48	S	20	23	29	912	46	460	452
S267 (1992)	-	2	51	S	21	28	32	969	49	490	479
S267 (1992)	-	2	54	S	24	32	35,5	1026	52	520	506
SN80 (2000)	154,82	2	21	S	13	22	25	399	19	190	209
SN80 (2000)	154,82	2	25,5	S	15	25	27,5	484,5	23,5	235	249,5
SN81 (2000)	149,315	2	15	S	5	6	11	285	13	130	155
SN81 (2000)	149,315	2	25,5	S	13	25	26,5	484,5	23,5	235	249,5
SINO14 (2000)	151,6	2	10,5	S	10	14	19,5	199,5	8,5	85	114,5
SINO14 (2000)	151,6	2	13,5	S	8	14	18,5	256,5	11,5	115	141,5
SINO14 (2000)	151,6	2	16,5	S	3	12	15	313,5	14,5	145	168,5
SINO14 (2000)	151,6	2	19,5	S	9	12	18	370,5	17,5	175	195,5
SINO14 (2000)	151,6	2	22,5	S	6	17	19	427,5	20,5	205	222,5
SINO14 (2000)	151,6	2	25,5	S	8	21	22	484,5	23,5	235	249,5
SINO15 (2000)	150,661	2	12	S	5	12	16	228	10	100	128
SINO15 (2000)	150,661	2	16,5	S	4	6	10	313,5	14,5	145	168,5
SINO15 (2000)	150,661	2	19,5	S	7	13	17,5	370,5	17,5	175	195,5
SINO15 (2000)	150,661	2	22,5	S	11	19	22,5	427,5	20,5	205	222,5
SINO15 (2000)	150,661	2	27	S	15	23	26,5	513	25	250	263

SINO16 (2000)	150,769	2	12,5	S	3	5	8	237,5	10,5	105	132,5
SINO16 (2000)	150,769	2	15	S	3	8	11	285	13	130	155
SINO16 (2000)	150,769	2	18	S	6	13	17	342	16	160	182
SINO16 (2000)	150,769	2	21	S	12	18	22,5	399	19	190	209
SINO16 (2000)	150,769	2	24	S	8	27	25	456	22	220	236
SINO17 (2000)	149,293	2	1,5	S	6	15	18	28,5	0	0	28,5
SINO17 (2000)	149,293	2	12,5	S	4	11	15	237,5	10,5	105	132,5
SINO17 (2000)	149,293	2	18	S	8	15	19	342	16	160	182
SINO17 (2000)	149,293	2	21	S	13	15	21,5	399	19	190	209
SINO17 (2000)	149,293	2	25,5	S	7	23	22,5	484,5	23,5	235	249,5
SINO18 (2000)	150,659	2	13,5	S	4	8	12	256,5	11,5	115	141,5
SINO18 (2000)	150,659	2	16,5	S	5	11	15,5	313,5	14,5	145	168,5
SINO18 (2000)	150,659	2	19,5	S	6	16	18,5	370,5	17,5	175	195,5
SINO18 (2000)	150,659	2	22,5	S	7	16	19	427,5	20,5	205	222,5
SINO18 (2000)	150,659	2	25,5	S	11	21	23,5	484,5	23,5	235	249,5
SI35 (2001)	152,307	2	9	S	9	14	19	171	7	70	101
SI35 (2001)	152,307	2	12	S	11	16	21	228	10	100	128
SI35 (2001)	152,307	2	15	S	13	17	22,5	285	13	130	155
SI35 (2001)	152,307	2	18	S	15	18	24	342	16	160	182
SI35 (2001)	152,307	2	21	S	13	19	23,5	399	19	190	209
SI35 (2001)	152,307	2	24	S	19	21	27,5	456	22	220	236
SI35 (2001)	152,307	2	27	S	12	19	23	513	25	250	263
SI35 (2001)	152,307	2	30	S	12	22	24,5	570	28	280	290
SI36 (2001)	151,29	2	12	S	13	17	22,5	228	10	100	128
SI36 (2001)	151,29	2	15	S	11	15	20,5	285	13	130	155
SI36 (2001)	151,29	2	18	S	13	19	23,5	342	16	160	182
SI36 (2001)	151,29	2	21	S	8	15	19	399	19	190	209
SI36 (2001)	151,29	2	24	S	13	18	23	456	22	220	236
SI36 (2001)	151,29	2	27	S	12	19	23	513	25	250	263
SI36 (2001)	151,29	2	30	S	15	21	25,5	570	28	280	290
S1 (2009)	148	2	12	S	18	19	26	228	10	100	128
S1 (2009)	148	2	15	S	17	19	25,5	285	13	130	155
S2 (2009)	150	2	9	S	18	10	21,5	171	7	70	101
S2 (2009)	150	2	12	S	18	19	26	228	10	100	128
S2 (2009)	150	2	15	S	17	17	24,5	285	13	130	155
S2 (2009)	150	2	18	S	18	25	29	342	16	160	182
S3 (2009)	150,5	2	9	S	10	13	19	171	7	70	101
S3 (2009)	150,5	2	12	S	8	14	18,5	228	10	100	128
S3 (2009)	150,5	2	15	S	9	12	18	285	13	130	155
S3 (2009)	150,5	2	18	S	10	14	19,5	342	16	160	182
S3 (2009)	150,5	2	21	S	11	13	19,5	399	19	190	209
S3 (2009)	150,5	2	24	S	10	15	20	456	22	220	236
S4 (2009)	147,5	2	9	S	12	12	19,5	171	7	70	101
S4 (2009)	147,5	2	12	S	12	17	22	228	10	100	128
S4 (2009)	147,5	2	15	S	22	16	26,5	285	13	130	155
S4 (2009)	147,5	2	18	S	15	22	26	342	16	160	182
S4 (2009)	147,5	2	21	S	15	19	24,5	399	19	190	209
S4 (2009)	147,5	2	30	S	16	25	28	570	28	280	290
S5 (2009)	148	2	13	S	5	9	14	247	11	110	137
S5 (2009)	148	2	16	S	9	11	17,5	304	14	140	164
S5 (2009)	148	2	19	S	11	14	20	361	17	170	191
S5 (2009)	148	2	22	S	10	13	19	418	20	200	218
S5 (2009)	148	2	25	S	12	16	21,5	475	23	230	245
S5 (2009)	148	2	28	S	11	18	22	532	26	260	272
S6 (2009)	152	2	12	S	10	15	20	228	10	100	128
S6 (2009)	152	2	15	S	11	14	20	285	13	130	155
S6 (2009)	152	2	18,5	S	10	13	19	351,5	16,5	165	186,5
S6 (2009)	152	2	24,5	S	12	12	19,5	465,5	22,5	225	240,5
S6 (2009)	152	2	26	S	11	15	20,5	494	24	240	254
S6 (2009)	152	2	29	S	10	17	21	551	27	270	281

SCMAP1V01 (2011)	158	2	2	S	14	33	31	38	0	0	38
SCMAP1V01 (2011)	158	2	17	S	7	21	21,5	323	15	150	173
SCMAP1V01 (2011)	158	2	20	S	3	36	27	380	18	180	200
SCMAP1V01 (2011)	158	2	23	S	5	27	23,5	437	21	210	227
SCMAP1V01 (2011)	158	2	26	S	11	21	23,5	494	24	240	254
PNMAP1B02 (2011)	161	2	12	S	12	15	21	228	10	100	128
PNMAP1B02 (2011)	161	2	15	S	9	20	22	285	13	130	155
PNMAP1B02 (2011)	161	2	18	S	8	25	24	342	16	160	182
PNMAP1B02 (2011)	161	2	21	S	10	23	24	399	19	190	209
PNMAP1B02 (2011)	161	2	24	S	11	20	23	456	22	220	236
PNMAP1B02 (2011)	161	2	30	S	8	15	19	570	28	280	290
AMBD1V002 (2002)	-	2	8	S	13	14	21	152	6	60	92
AMBD1V002 (2002)	-	2	10,5	S	7	7	14	199,5	8,5	85	114,5
AMBD1V002 (2002)	-	2	12	S	6	8	14	228	10	100	128
AMBD1V002 (2002)	-	2	14	S	7	18	20	266	12	120	146
AMBD1V002 (2002)	-	2	17	S	8	15	19	323	15	150	173
AMBD1V002 (2002)	-	2	19,5	S	13	15	21,5	370,5	17,5	175	195,5
AMBD1V002 (2002)	-	2	22,5	S	17	15	23,5	427,5	20,5	205	222,5
AMBD1V002 (2002)	-	2	25,5	S	21	23	29,5	484,5	23,5	235	249,5
AMBD1V002 (2002)	-	2	28,5	S	16	30	30,5	541,5	26,5	265	276,5
AMBD1V002 (2002)	-	2	30	S	22	28	32,5	570	28	280	290
AMBD1V002 (2002)	-	2	31,5	S	21	31	33,5	598,5	29,5	295	303,5
AMBD1V002 (2002)	-	2	34,5	S	32	48	47,5	655,5	32,5	325	330,5
AMBD1V003 (2002)	-	2	6,5	S	5	6	11	123,5	4,5	45	78,5
AMBD1V003 (2002)	-	2	9,5	S	9	12	18	180,5	7,5	75	105,5
AMBD1V003 (2002)	-	2	12	S	8	14	18,5	228	10	100	128
AMBD1V003 (2002)	-	2	15	S	7	10	16	285	13	130	155
AMBD1V003 (2002)	-	2	18,5	S	3	7	10	351,5	16,5	165	186,5
AMBD1V003 (2002)	-	2	21	S	6	9	15	399	19	190	209
AMBD1V003 (2002)	-	2	24	S	6	11	16	456	22	220	236
AMBD1V003 (2002)	-	2	27,5	S	6	9	15	522,5	25,5	255	267,5
AMBD1V003 (2002)	-	2	33,5	S	10	13	19	636,5	31,5	315	321,5
AMBD1V003 (2002)	-	2	6	S	13	26	27	114	4	40	74
AMBD1V003 (2002)	-	2	9,6	S	5	10	15	182,4	7,6	76	106,4
AMBD1V003 (2002)	-	2	12	S	10	12	18,5	228	10	100	128
AMBD1V003 (2002)	-	2	15,5	S	14	18	23,5	294,5	13,5	135	159,5
AMBD1V003 (2002)	-	2	18	S	12	16	21,5	342	16	160	182
AMBD1V003 (2002)	-	2	21,5	S	14	13	21	408,5	19,5	195	213,5
XMBD1R001 (2002)	-	2	6	S	16	16	23,5	114	4	40	74
XMBD1R001 (2002)	-	2	12	S	13	18	23	228	10	100	128
XMBD1R001 (2002)	-	2	15	S	14	14	21,5	285	13	130	155
XMBD1R001 (2002)	-	2	18,5	S	8	14	18,5	351,5	16,5	165	186,5
XMBD1R001 (2002)	-	2	21	S	10	15	20	399	19	190	209
XMBD1R005 (2002)	-	2	9	S	18	16	24,5	171	7	70	101
XMBD1R005 (2002)	-	2	12	S	12	17	22	228	10	100	128
XMBD1R005 (2002)	-	2	15,5	S	9	17	20,5	294,5	13,5	135	159,5
XMBD1R005 (2002)	-	2	18	S	3	4	7	342	16	160	182
XMBD1R005 (2002)	-	2	21	S	20	24	29,5	399	19	190	209
XMBD1R006 (2002)	-	2	6	S	11	11	18,5	114	4	40	74
XMBD1R006 (2002)	-	2	9	S	13	13	20,5	171	7	70	101
XMBD1R006 (2002)	-	2	12	S	7	14	18	228	10	100	128
XMBD1R006 (2002)	-	2	15	S	7	18	20	285	13	130	155
XMBD1R006 (2002)	-	2	21	S	7	13	17,5	399	19	190	209
PNMBP1V01 (2004)	155	2	3	S	13	20	24	57	1	10	47
PNMBP1V01 (2004)	155	2	7,5	S	9	13	18,5	142,5	5,5	55	87,5
PNMBP1V01 (2004)	155	2	11,5	S	11	15	20,5	218,5	9,5	95	123,5
PNMBP1V01 (2004)	155	2	17	S	13	18	23	323	15	150	173
PNMBP1V01 (2004)	155	2	23,5	S	12	16	21,5	446,5	21,5	215	231,5
PNMBP1V01 (2004)	155	2	28,5	S	13	19	23,5	541,5	26,5	265	276,5
PNMBP1V02 (2004)	141	2	19,8	S	19	22	28	376,2	17,8	178	198,2
PNMBP1V02 (2004)	141	2	25	S	20	28	31,5	475	23	230	245
SCMBP1B01 (2005)	-	2	14,7	S	12	19	23	279,3	12,7	127	152,3
SCMBP1B01 (2005)	-	2	16,7	S	19	29	31,5	317,3	14,7	147	170,3
SCMBP1B01 (2005)	-	2	20,6	S	22	32	34,5	391,4	18,6	186	205,4
SCMBP1B01 (2005)	-	2	24,6	S	26	39	40	467,4	22,6	226	241,4

**PROVE SPT**

Sondaggio	Quota slm	prof falda da p.c	Z <sub>inizio</sub> prova (m)	N2	N3	N <sup>'</sup> =15+0.5(Nspt-15)	sigma	zw (m)	u	sigma'
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	15			21	285	13	130	155
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	18			24	342	16	160	182
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	21			24,5	399	19	190	209
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	24			20,5	456	22	220	236
PDNB01_S6 (2020)	150	2	12			34	228	10	100	128
PDNB01_S6 (2020)	150	2	15			15	285	13	130	155
PDNB01_S6 (2020)	150	2	18			20,5	342	16	160	182
PDNB01_S6 (2020)	150	2	21			24,5	399	19	190	209
PDNB01_S6 (2020)	150	2	24			27,5	456	22	220	236
PDNB01_S3 (2020)	154	2	18			34	342	16	160	182
PDNB01_S3 (2020)	154	2	21			29	399	19	190	209
PDNB01_S3 (2020)	154	2	24			33,5	456	22	220	236
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	12			26,5	228	10	100	128
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	15			16,5	285	13	130	155
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	18			31	342	16	160	182
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	21			27,5	399	19	190	209
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	24			17,5	456	22	220	236

Tabella 26- Interpretazione Prove SPT in corrispondenza Unità C.

PROVE SPT				CN	NI	DR	DR	Φ (°)	D'Apollonia	
Sondaggio	Quota s.l.m.	prof falda da p.c.	Z <sub>inizio</sub> Prova (m)	-	-	(-)	(%)	Schmertmann	E	
S257 (1992)	157,1	2	18	0,7	13,1	0,47	46,76	35	33	
S257 (1992)	157,1	2	24	0,6	19,3	0,57	56,78	36	44	
S257 (1992)	157,1	2	27	0,6	16,8	0,53	52,92	35	43	
S257 (1992)	157,1	2	45	0,4	20,6	0,59	58,55	36	61	
S257 (1992)	157,1	2	48							
S257 (1992)	157,1	2	51							
S257 (1992)	157,1	2	54							
S258 (1992)	155,76	2	18	0,7	18,8	0,56	55,97	36	40	
S260 (1992)	153,74	2	9	1,0	17,4	0,54	53,87	36	33	
S260 (1992)	153,74	2	24	0,6	20,5	0,59	58,50	36	46	
S261 (1992)	151,82	2	9	1,0	19,9	0,58	57,59	36	35	
S261 (1992)	151,82	2	12	0,9	19,7	0,57	57,35	36	36	
S261 (1992)	151,82	2	15	0,8	20,4	0,58	58,30	36	39	
S261 (1992)	151,82	2	21	0,6	15,9	0,51	51,41	35	38	
S261 (1992)	151,82	2	24	0,6	20,8	0,59	58,93	36	46	
S263 (1992)	152,91	2	9	1,0	4,0	0,26	25,76	32	22	
S263 (1992)	152,91	2	15	0,8	18,8	0,56	56,01	36	38	
S263 (1992)	152,91	2	18	0,7	16,3	0,52	52,14	35	37	
S263 (1992)	152,91	2	21	0,6	16,2	0,52	51,93	35	38	
S263 (1992)	152,91	2	24	0,6	15,5	0,51	50,79	35	39	
S264 (1992)	148	2	12	0,9	23,2	0,62	62,24	37	40	
S264 (1992)	148	2	15	0,8	25,9	0,66	65,68	37	45	
S264 (1992)	148	2	21	0,6	18,1	0,55	54,96	36	41	
S264 (1992)	148	2	24	0,6	22,9	0,62	61,80	37	49	
S264 (1992)	148	2	27							
S264 (1992)	148	2	30	0,5	19,7	0,57	57,36	36	49	
S264 (1992)	148	2	33	0,5	19,9	0,58	57,60	36	51	
S264 (1992)	148	2	48	0,4	7,2	0,35	34,75	33	35	
S264 (1992)	148	2	51	0,3	13,3	0,47	47,08	35	49	
S264 (1992)	148	2	54	0,3	11,7	0,44	44,19	34	46	
S266 (1992)	-	2	12	0,9	18,9	0,56	56,06	36	36	
S267 (1992)	-	2	21	0,6	12,9	0,46	46,45	35	35	
S267 (1992)	-	2	24	0,6	13,1	0,47	46,72	35	36	
S267 (1992)	-	2	48	0,4	10,5	0,42	41,85	34	41	
S267 (1992)	-	2	51	0,3	11,1	0,43	42,92	34	44	
S267 (1992)	-	2	54	0,3	11,7	0,44	44,19	34	46	
SN80 (2000)	154,82	2	21	0,6	16,2	0,52	51,93	35	38	
SN80 (2000)	154,82	2	25,5	0,6	15,7	0,51	51,21	35	40	
SN81 (2000)	149,315	2	15	0,8	8,6	0,38	37,92	33	28	
SN81 (2000)	149,315	2	25,5	0,6	15,2	0,50	50,27	35	40	
SINO14 (2000)	151,6	2	10,5	0,9	18,2	0,55	55,05	36	34	
SINO14 (2000)	151,6	2	13,5	0,8	15,3	0,51	50,53	35	33	
SINO14 (2000)	151,6	2	16,5	0,7	11,2	0,43	43,15	34	31	
SINO14 (2000)	151,6	2	19,5	0,7	12,2	0,45	45,06	34	33	
SINO14 (2000)	151,6	2	22,5	0,6	11,8	0,44	44,32	34	34	
SINO14 (2000)	151,6	2	25,5	0,6	12,6	0,46	45,81	34	36	
SINO15 (2000)	150,661	2	12	0,9	14,0	0,48	48,37	35	31	
SINO15 (2000)	150,661	2	16,5	0,7	7,4	0,35	35,23	33	27	
SINO15 (2000)	150,661	2	19,5	0,7	11,8	0,44	44,43	34	33	
SINO15 (2000)	150,661	2	22,5	0,6	14,0	0,48	48,22	35	36	

SINO16 (2000)	150,769	2	9	1,0	14,9	0,50	49,88	35	31
SINO16 (2000)	150,769	2	12,5	0,9	6,9	0,34	33,87	33	25
SINO16 (2000)	150,769	2	15	0,8	8,6	0,38	37,92	33	28
SINO16 (2000)	150,769	2	18	0,7	12,1	0,45	44,83	34	32
SINO16 (2000)	150,769	2	21	0,6	14,6	0,49	49,27	35	36
SINO16 (2000)	150,769	2	24	0,6	14,9	0,50	49,80	35	38
SINO17 (2000)	149,293	2	1,5	1,6	28,0	0,68	68,33	38	33
SINO17 (2000)	149,293	2	12,5	0,9	12,9	0,46	46,37	34	31
SINO17 (2000)	149,293	2	18	0,7	13,5	0,47	47,39	35	34
SINO17 (2000)	149,293	2	21	0,6	13,9	0,48	48,16	35	36
SINO17 (2000)	149,293	2	25,5	0,6	12,9	0,46	46,32	34	36
SINO18 (2000)	150,659	2	13,5	0,8	9,9	0,41	40,70	34	28
SINO18 (2000)	150,659	2	16,5	0,7	11,5	0,44	43,87	34	31
SINO18 (2000)	150,659	2	19,5	0,7	12,5	0,46	45,68	34	33
SINO18 (2000)	150,659	2	22,5	0,6	11,8	0,44	44,32	34	34
SINO18 (2000)	150,659	2	25,5	0,6	13,4	0,47	47,34	35	37
SI35 (2001)	152,307	2	9	1,0	18,9	0,56	56,13	36	34
SI35 (2001)	152,307	2	12	0,9	18,4	0,55	55,41	36	35
SI35 (2001)	152,307	2	15	0,8	17,6	0,54	54,23	36	36
SI35 (2001)	152,307	2	18	0,7	17,0	0,53	53,26	35	38
SI35 (2001)	152,307	2	21	0,6	15,2	0,50	50,35	35	37
SI35 (2001)	152,307	2	24	0,6	16,4	0,52	52,23	35	40
SI35 (2001)	152,307	2	27	0,6	12,7	0,46	45,96	34	37
SI35 (2001)	152,307	2	30	0,5	12,6	0,46	45,76	34	38
SI36 (2001)	151,29	2	12	0,9	19,7	0,57	57,35	36	36
SI36 (2001)	151,29	2	15	0,8	16,1	0,52	51,77	35	35
SI36 (2001)	151,29	2	18	0,7	16,7	0,53	52,70	35	37
SI36 (2001)	151,29	2	21	0,6	12,3	0,45	45,27	34	34
SI36 (2001)	151,29	2	24	0,6	13,7	0,48	47,77	35	37
SI36 (2001)	151,29	2	27	0,6	12,7	0,46	45,96	34	37
SI36 (2001)	151,29	2	30	0,5	13,1	0,47	46,68	35	39
S1 (2009)	148	2	12	0,9	22,8	0,62	61,65	37	39
S1 (2009)	148	2	15	0,8	20,0	0,58	57,74	36	39
S2 (2009)	150	2	9	1,0	21,4	0,60	59,71	36	36
S2 (2009)	150	2	12	0,9	22,8	0,62	61,65	37	39
S2 (2009)	150	2	15	0,8	19,2	0,57	56,59	36	38
S2 (2009)	150	2	18	0,7	20,6	0,59	58,55	36	41
S3 (2009)	150,5	2	9	1,0	18,9	0,56	56,13	36	34
S3 (2009)	150,5	2	12	0,9	16,2	0,52	52,01	35	33
S3 (2009)	150,5	2	15	0,8	14,1	0,49	48,51	35	33
S3 (2009)	150,5	2	18	0,7	13,8	0,48	48,01	35	34
S3 (2009)	150,5	2	21	0,6	12,6	0,46	45,86	34	34
S3 (2009)	150,5	2	24	0,6	11,9	0,45	44,54	34	35
S4 (2009)	147,5	2	9	1,0	19,4	0,57	56,87	36	34
S4 (2009)	147,5	2	12	0,9	19,3	0,57	56,71	36	36
S4 (2009)	147,5	2	15	0,8	20,8	0,59	58,86	36	40
S4 (2009)	147,5	2	18	0,7	18,4	0,55	55,44	36	39
S4 (2009)	147,5	2	21	0,6	15,9	0,51	51,41	35	38
S4 (2009)	147,5	2	30	0,5	14,4	0,49	48,92	35	41
S5 (2009)	148	2	13	0,8	11,8	0,44	44,37	34	30
S5 (2009)	148	2	16	0,8	13,3	0,47	47,01	35	33
S5 (2009)	148	2	19	0,7	13,7	0,48	47,86	35	35
S5 (2009)	148	2	22	0,6	11,9	0,45	44,63	34	34
S5 (2009)	148	2	25	0,6	12,5	0,46	45,58	34	36
S5 (2009)	148	2	28	0,5	11,8	0,44	44,40	34	36
S6 (2009)	152	2	12	0,9	17,5	0,54	54,07	36	35
S6 (2009)	152	2	15	0,8	15,7	0,51	51,13	35	35
S6 (2009)	152	2	18,5	0,7	13,3	0,47	47,02	35	34
S6 (2009)	152	2	24,5	0,6	11,5	0,44	43,69	34	34
S6 (2009)	152	2	26	0,6	11,6	0,44	43,94	34	35
S6 (2009)	152	2	29	0,5	11,0	0,43	42,86	34	35

SCMAP1V01 (2011)	158	2	17	0,7	15,8	0,51	51,24	35	36
SCMAP1V01 (2011)	158	2	20	0,7	18,0	0,55	54,77	36	40
SCMAP1V01 (2011)	158	2	23	0,6	14,4	0,49	48,94	35	37
SCMAP1V01 (2011)	158	2	26	0,6	13,3	0,47	47,04	35	37
PNMAP1B02 (2011)	161	2	12	0,9	18,4	0,55	55,41	36	35
PNMAP1B02 (2011)	161	2	15	0,8	17,3	0,54	53,63	36	36
PNMAP1B02 (2011)	161	2	18	0,7	17,0	0,53	53,26	35	38
PNMAP1B02 (2011)	161	2	21	0,6	15,5	0,51	50,88	35	38
PNMAP1B02 (2011)	161	2	24	0,6	13,7	0,48	47,77	35	37
PNMAP1B02 (2011)	161	2	30	0,5	9,7	0,40	40,30	34	34
AMBD1V002 (2002)	-	2	8	1,0	21,9	0,60	60,38	36	35
AMBD1V002 (2002)	-	2	10,5	0,9	13,1	0,47	46,64	35	30
AMBD1V002 (2002)	-	2	12	0,9	12,3	0,45	45,24	34	30
AMBD1V002 (2002)	-	2	14	0,8	16,3	0,52	52,06	35	35
AMBD1V002 (2002)	-	2	17	0,7	13,9	0,48	48,17	35	34
AMBD1V002 (2002)	-	2	19,5	0,7	14,6	0,49	49,25	35	36
AMBD1V002 (2002)	-	2	22,5	0,6	14,6	0,49	49,28	35	37
AMBD1V002 (2002)	-	2	25,5	0,6	16,9	0,53	53,04	35	42
AMBD1V002 (2002)	-	2	28,5	0,5	16,2	0,52	51,96	35	43
AMBD1V002 (2002)	-	2	30	0,5	16,7	0,53	52,70	35	44
AMBD1V002 (2002)	-	2	31,5	0,5	16,6	0,53	52,61	35	45
AMBD1V002 (2002)	-	2	34,5	0,5	22,1	0,61	60,65	36	56
AMBD1V003 (2002)	-	2	6,5	1,1	12,3	0,45	45,32	34	28
AMBD1V003 (2002)	-	2	9,5	1,0	17,5	0,54	54,03	36	33
AMBD1V003 (2002)	-	2	12	0,9	16,2	0,52	52,01	35	33
AMBD1V003 (2002)	-	2	15	0,8	12,5	0,46	45,73	34	31
AMBD1V003 (2002)	-	2	18,5	0,698	6,981	0,341	34,110	33	27
AMBD1V003 (2002)	-	2	21	0,647	9,709	0,402	40,226	34	31
AMBD1V003 (2002)	-	2	24	0,595	9,524	0,398	39,841	34	31
AMBD1V003 (2002)	-	2	27,5	0,544	8,163	0,369	36,886	33	31
AMBD1V003 (2002)	-	2	33,5	0,474	9,015	0,388	38,763	33	34
AMBD1V003 (2002)	-	2	6	1,149	31,034	0,719	71,919	38	40
AMBD1V003 (2002)	-	2	9,6	0,969	14,535	0,492	49,219	35	31
AMBD1V003 (2002)	-	2	12	0,877	16,228	0,520	52,007	35	33
AMBD1V003 (2002)	-	2	15,5	0,771	18,112	0,549	54,942	36	37
AMBD1V003 (2002)	-	2	18	0,709	15,248	0,504	50,412	35	36
AMBD1V003 (2002)	-	2	21,5	0,638	13,397	0,473	47,253	35	35
XMBD1R001 (2002)	-	2	6	1,149	27,011	0,671	67,096	37	37
XMBD1R001 (2002)	-	2	12	0,877	20,175	0,580	57,988	36	37
XMBD1R001 (2002)	-	2	15	0,784	16,863	0,530	53,014	35	36
XMBD1R001 (2002)	-	2	18,5	0,698	12,914	0,464	46,394	34	33
XMBD1R001 (2002)	-	2	21	0,647	12,945	0,464	46,449	35	35
XMBD1R005 (2002)	-	2	9	0,995	24,378	0,637	63,742	37	38
XMBD1R005 (2002)	-	2	12	0,877	19,298	0,567	56,713	36	36
XMBD1R005 (2002)	-	2	15,5	0,771	15,800	0,513	51,315	35	35
XMBD1R005 (2002)	-	2	18	0,709	4,965	0,288	28,765	32	24
XMBD1R005 (2002)	-	2	21	0,647	19,094	0,564	56,412	36	42
XMBD1R006 (2002)	-	2	6	1,149	21,264	0,595	59,532	36	33
XMBD1R006 (2002)	-	2	9	0,995	20,398	0,583	58,307	36	35
XMBD1R006 (2002)	-	2	12	0,877	15,789	0,513	51,299	35	33
XMBD1R006 (2002)	-	2	15	0,784	15,686	0,511	51,131	35	35
XMBD1R006 (2002)	-	2	21	0,647	11,327	0,434	43,449	34	33
PNMBP1V01 (2004)	155	2	3	1,361	32,653	0,738	73,771	38	38
PNMBP1V01 (2004)	155	2	7,5	1,067	19,733	0,573	57,349	36	33
PNMBP1V01 (2004)	155	2	11,5	0,895	18,345	0,553	55,294	36	35
PNMBP1V01 (2004)	155	2	17	0,733	16,850	0,530	52,993	35	37
PNMBP1V01 (2004)	155	2	23,5	0,603	12,971	0,465	46,496	35	36
PNMBP1V01 (2004)	155	2	28,5	0,531	12,483	0,456	45,613	34	37
PNMBP1V02 (2004)	141	2	19,8	0,671	18,779	0,559	55,945	36	41
PNMBP1V02 (2004)	141	2	25	0,580	18,261	0,552	55,168	36	43
SCMBP1B01 (2005)	-	2	14,7	0,793	18,232	0,551	55,125	36	37
SCMBP1B01 (2005)	-	2	16,7	0,740	23,307	0,623	62,326	37	43
SCMBP1B01 (2005)	-	2	20,6	0,655	22,593	0,614	61,364	37	46
SCMBP1B01 (2005)	-	2	24,6	0,586	23,433	0,625	62,494	37	50

PROVE SPT				CN	N1	DR	DR	$\Phi$ (°)	D'Apollonia
Sondaggio	Quota slm	prof falda da p.c	Z <sub>inizio</sub> prova (m)	-	-	(-)	(%)	Schmertmann	E
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	15	0,784	16,471	0,524	52,394	35	35
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	18	0,709	17,021	0,533	53,262	35	38
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	21	0,647	15,858	0,514	51,409	35	38
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	24	0,595	12,202	0,451	45,097	34	35
PDNB01_S6 (2020)	150	2	12	0,877	29,825	0,705	70,504	38	45
PDNB01_S6 (2020)	150	2	15	0,784	11,765	0,443	44,281	34	31
PDNB01_S6 (2020)	150	2	18	0,709	14,539	0,492	49,226	35	35
PDNB01_S6 (2020)	150	2	21	0,647	15,858	0,514	51,409	35	38
PDNB01_S6 (2020)	150	2	24	0,595	16,369	0,522	52,232	35	40
PDNB01_S3 (2020)	154	2	18	0,709	24,113	0,634	63,395	37	45
PDNB01_S3 (2020)	154	2	21	0,647	18,770	0,559	55,932	36	41
PDNB01_S3 (2020)	154	2	24	0,595	19,940	0,576	57,649	36	45
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	12	0,877	23,246	0,622	62,244	37	40
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	15	0,784	12,941	0,464	46,442	35	32
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	18	0,709	21,986	0,605	60,533	36	43
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	21	0,647	17,799	0,545	54,466	36	40
PDNB01_S1 (2020)	163,6	2	24	0,595	10,417	0,417	41,667	34	33

Nelle seguenti Figure si riportano in forma grafica gli andamenti con la profondità dei valori ottenuti dalle prove SPT e le relative elaborazioni in termini di parametri meccanici (angolo d'attrito e deformabilità), che sono poi state utilizzate ai fini della determinazione dei parametri caratteristici per il litotipo in esame.

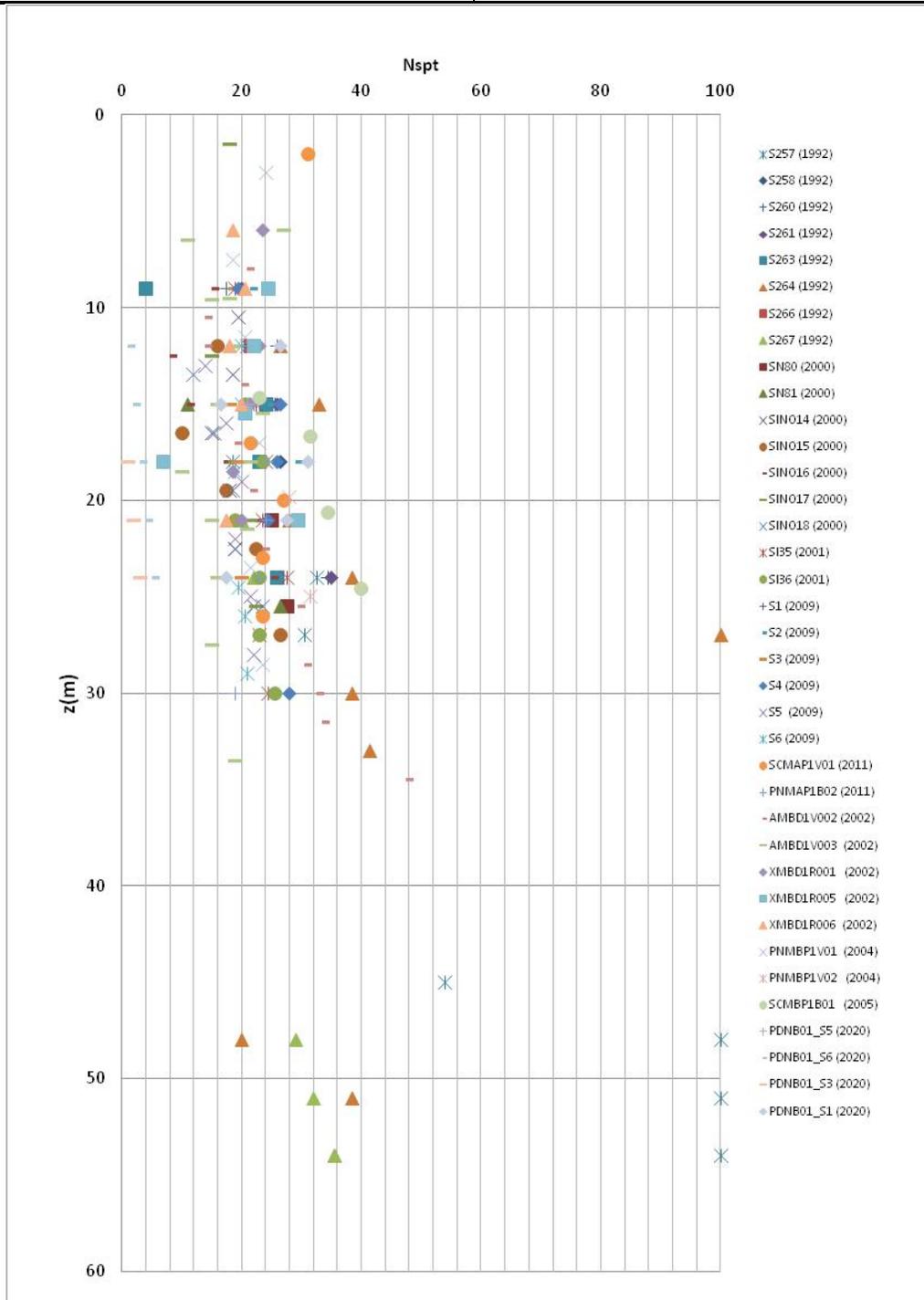


Figura 12- Nspt (N²)

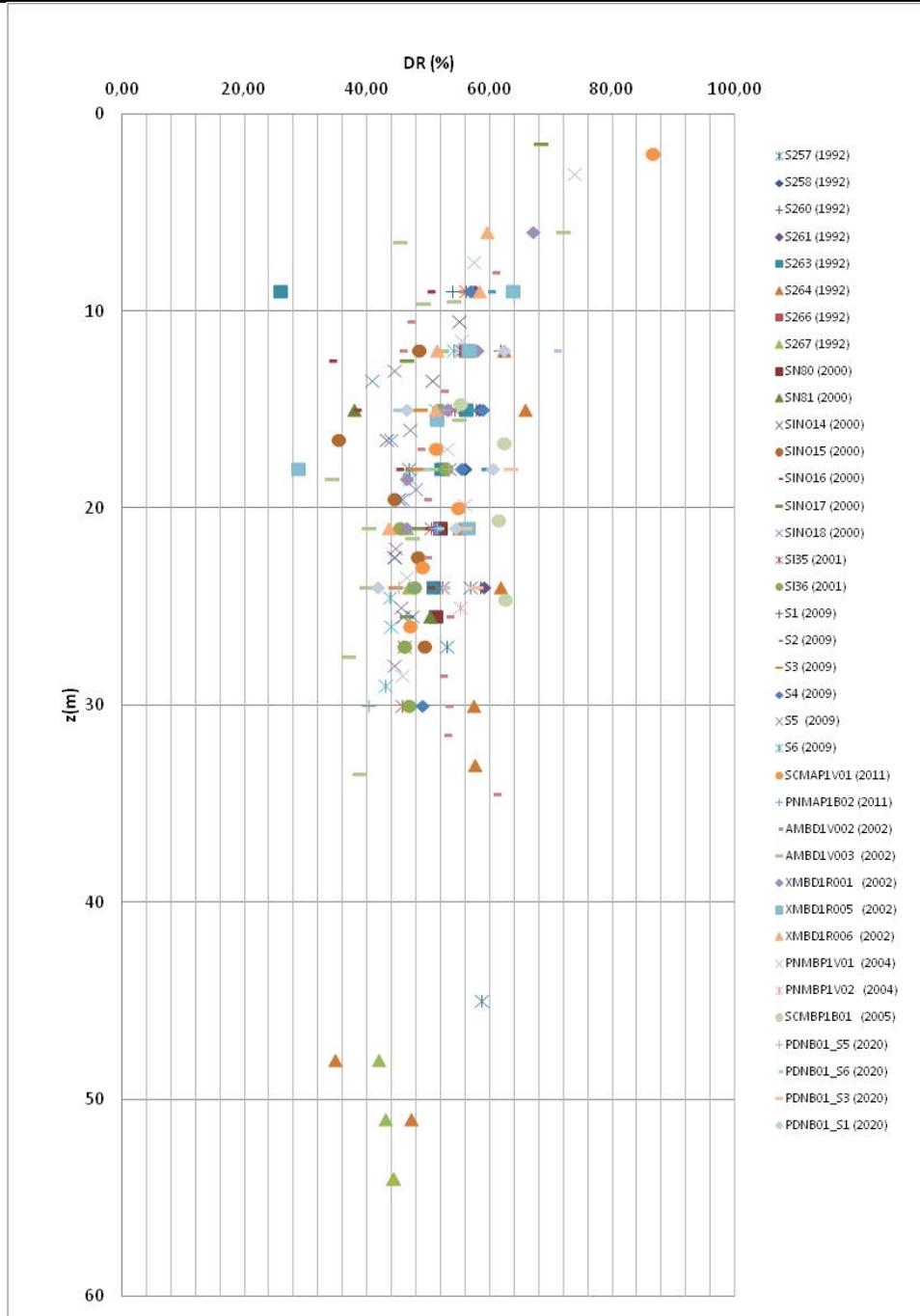


Figura 13- Densità relativa - Skempton

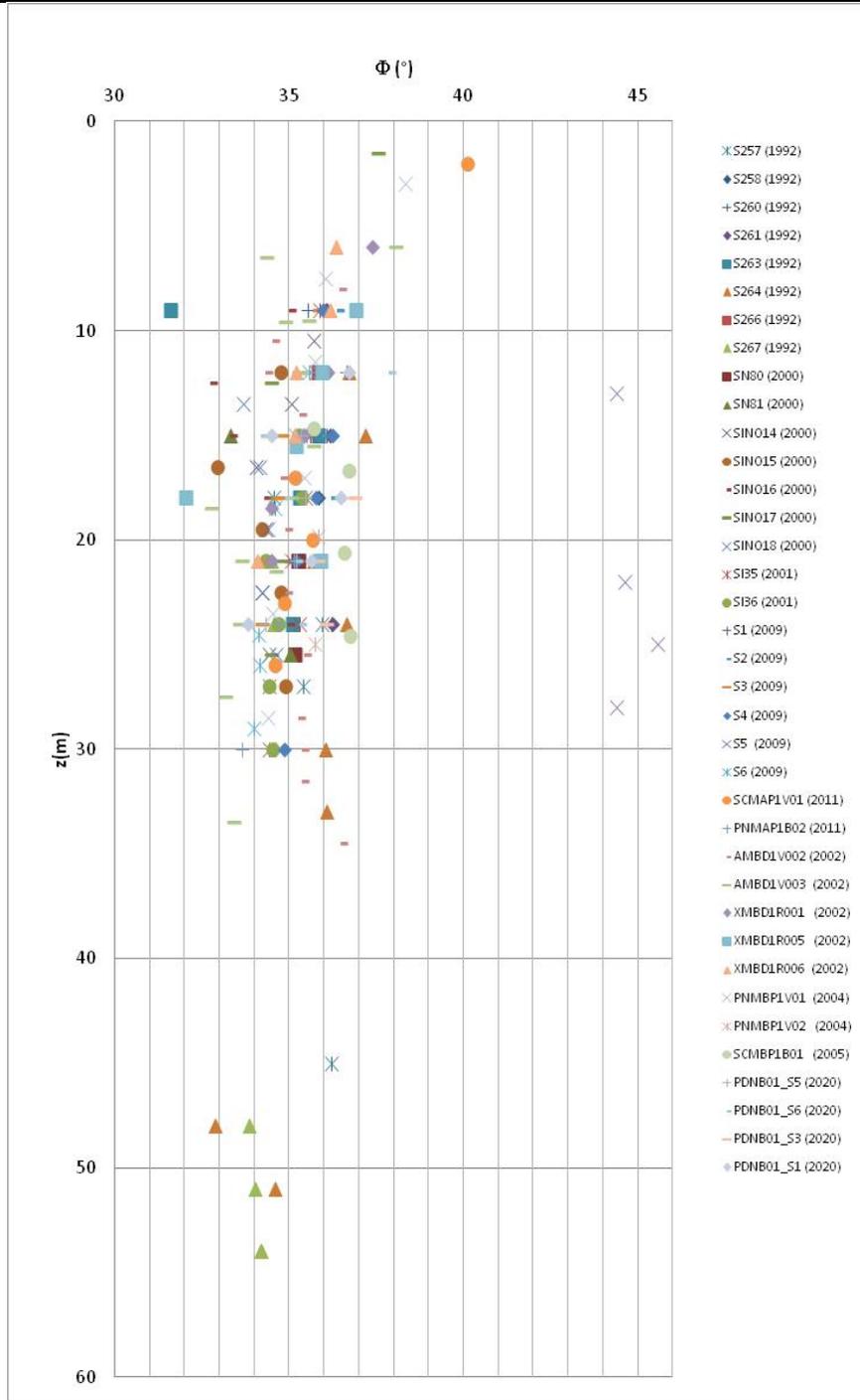


Figura 14- Angolo d'attrito - Schmertmann

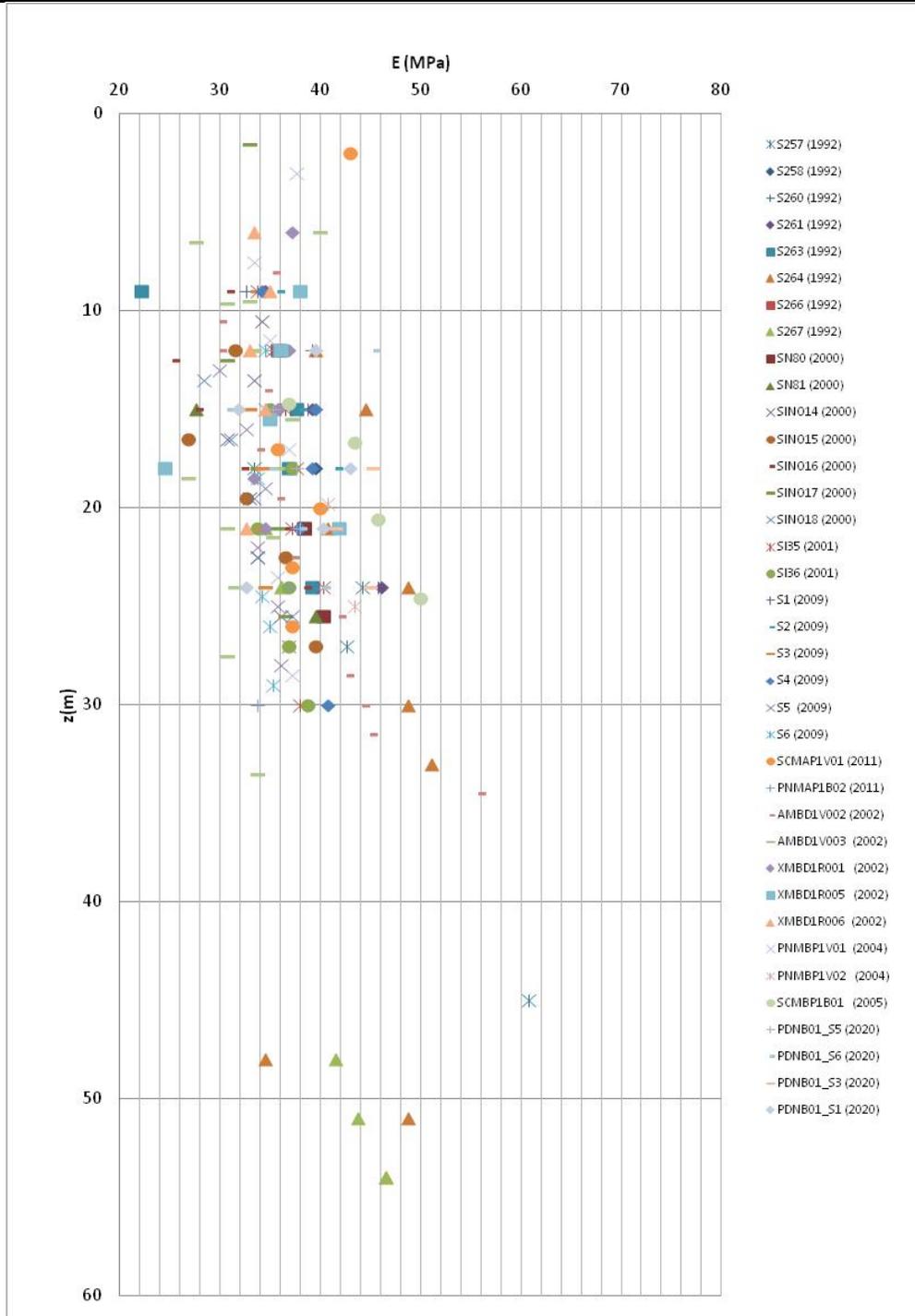


Figura 15- Modulo di rigidezza – D’Apollonia

Nella seguente figura sono riportati i valori del numero di colpi equivalente SPT e l'angolo d'attrito corrispondente in base alle correlazione del §7.0

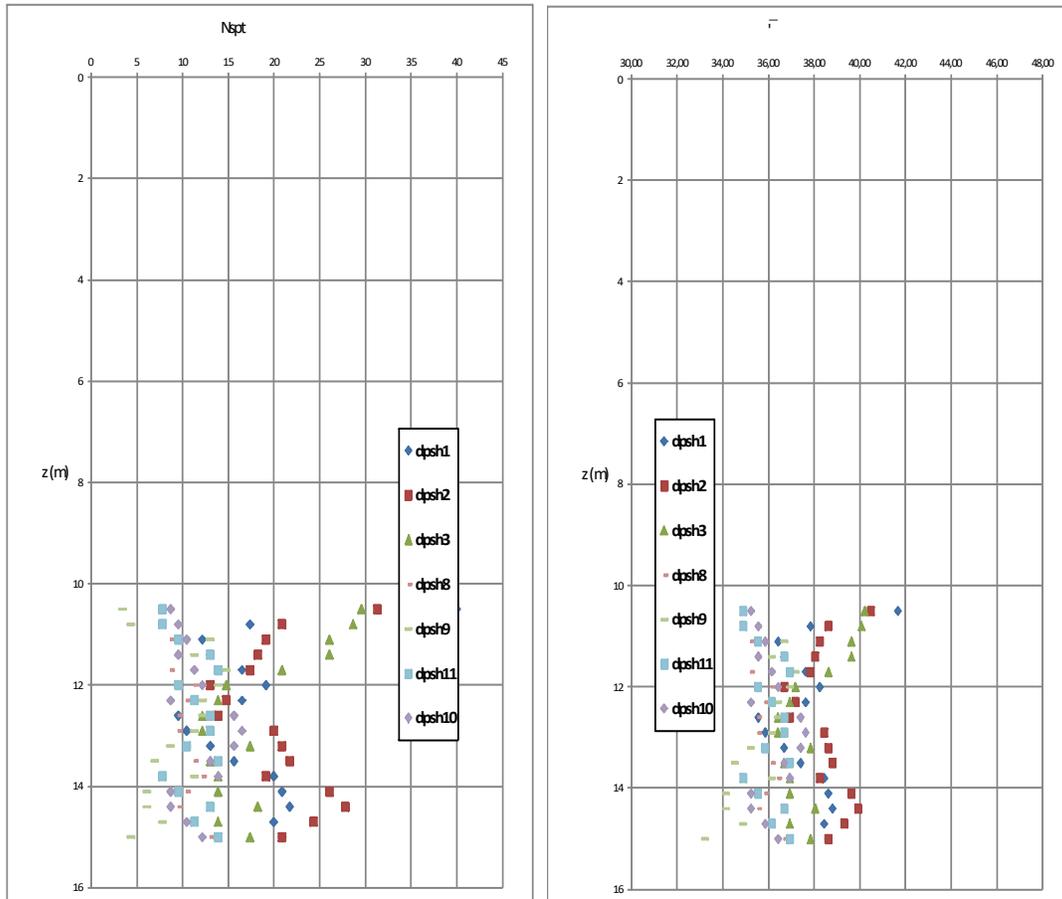


Figura 16. Andamento Nspt e angolo d'attrito interpretazione Prove DPSH in corrispondenza Unità C.

Nella seguente figura si riportano i risultati ottenuti a partire dalle prove di permeabilità eseguite nel deposito sabbioso.

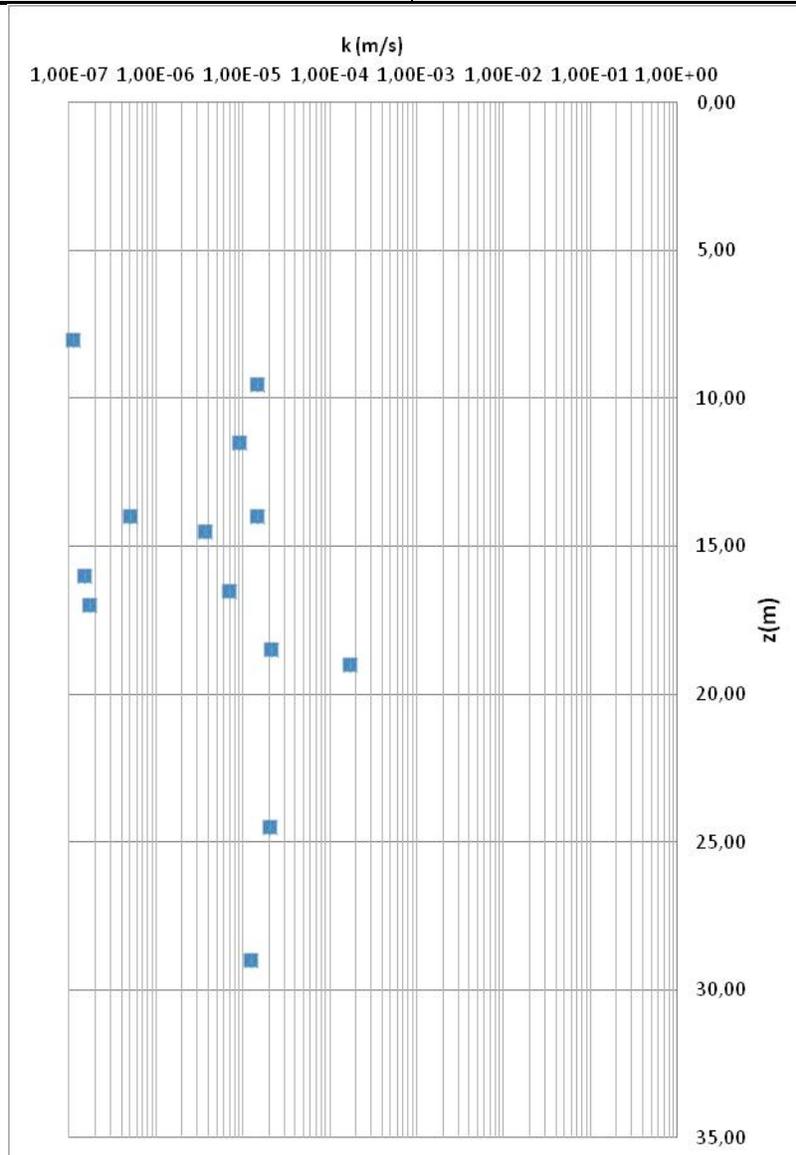


Figura 17- Permeabilità – Prove Lefranc

Nelle seguenti figure si riportano i risultati delle prove di laboratorio effettuate nell'ambito del litotipo.

Relativamente alle prove di resistenza (tagli diretti e TxCI) eseguite nella formazione sabbiosa i valori ottenuti sono interpretati in termini di stato critico.

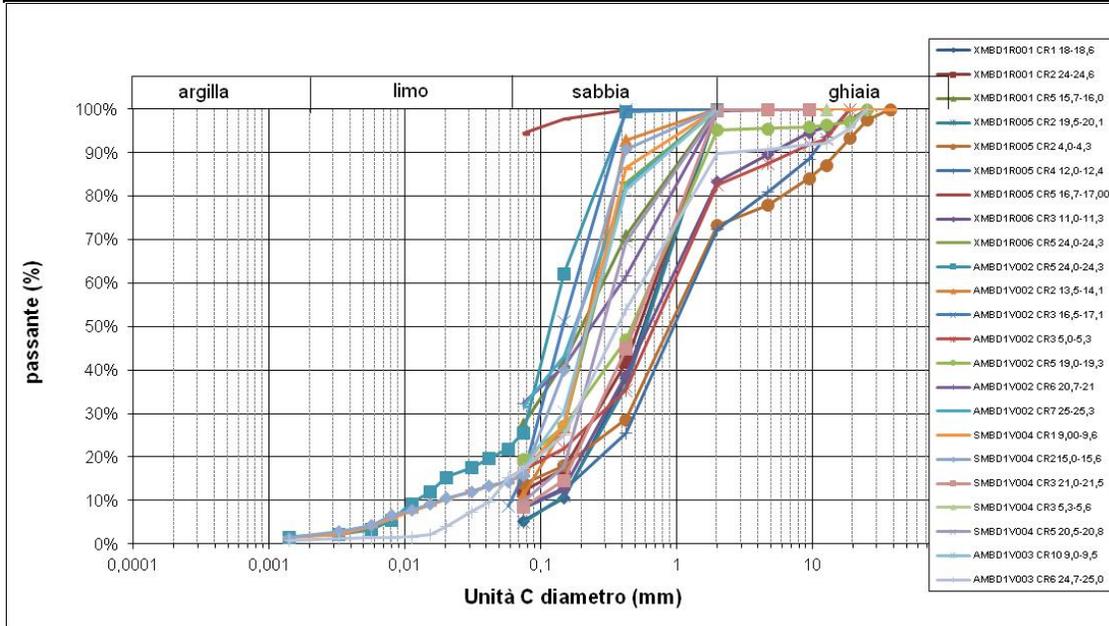


Figura 18- Granulometric

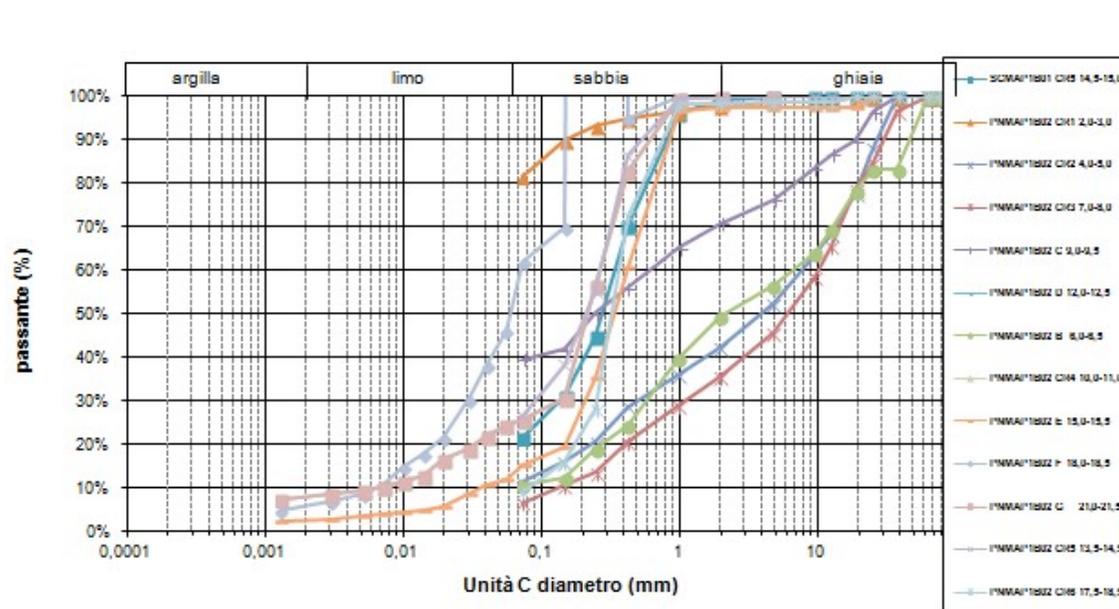


Figura 19- Granulometric

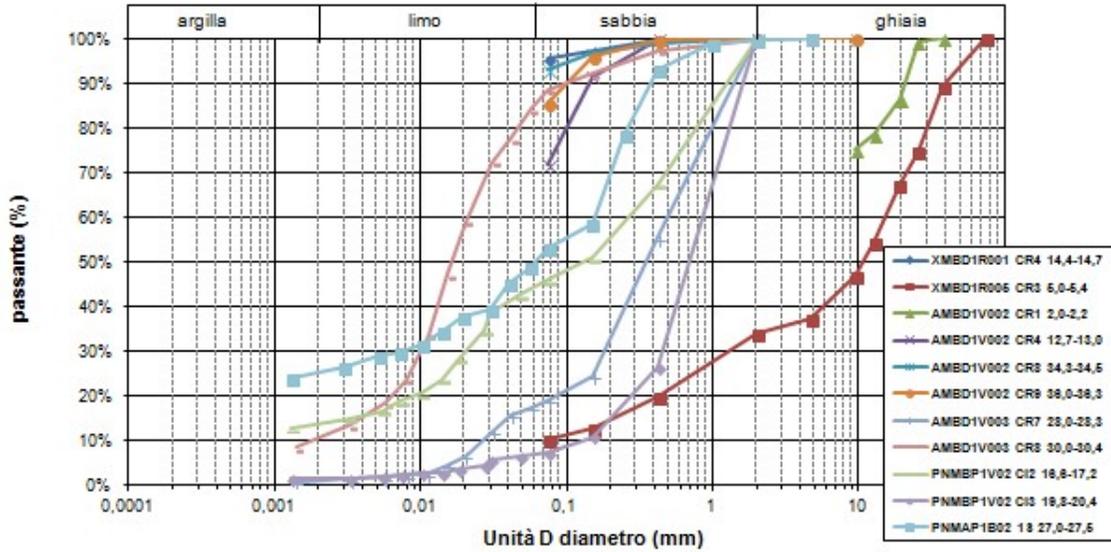


Figura 20- Granulometric

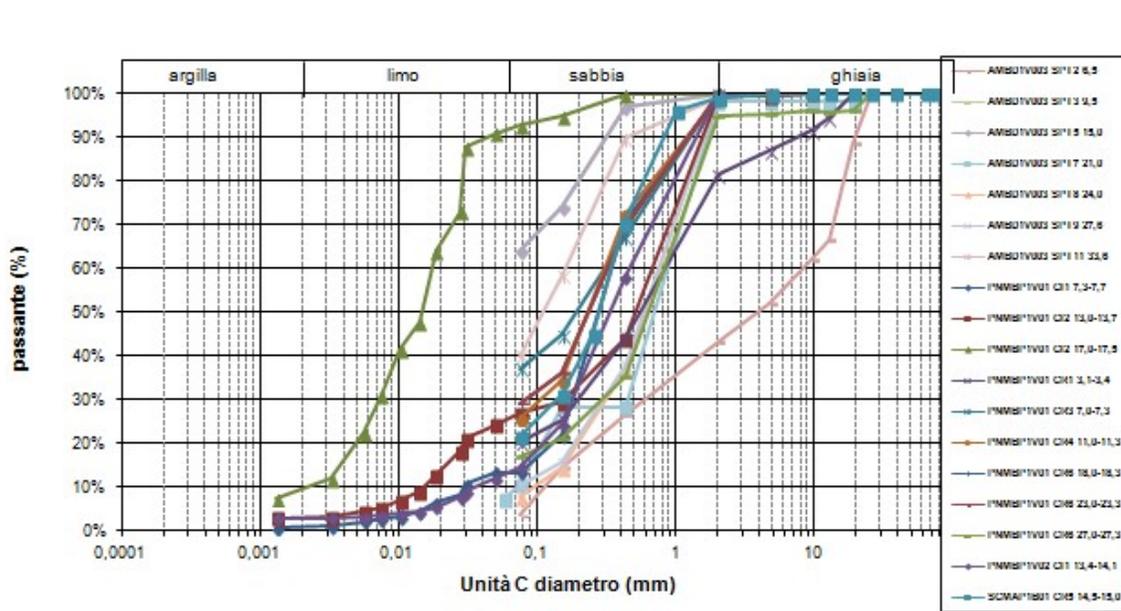


Figura 21- Granulometric

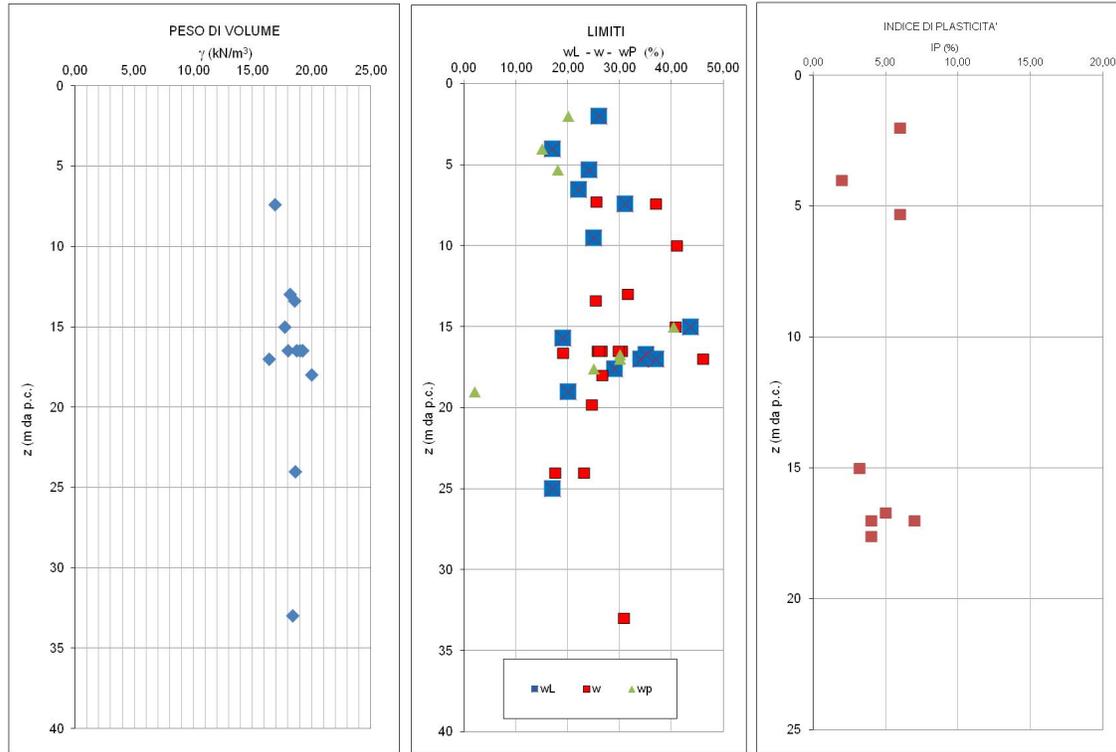
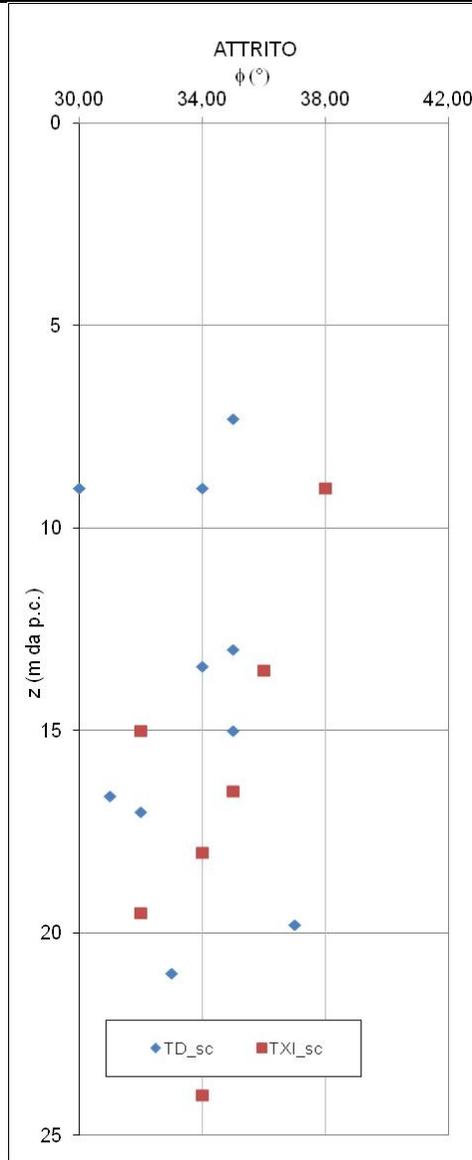


Figura 22- Proprietà fisiche



**Figura 23-** Caratteristiche meccaniche – angolo d'attrito

	NODO DI NOVARA <b>1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA NM0Y00	LOTTO D11	CODIFICA GEOC0001	DOCUMENTO 001	REV. A

### 7.3.3.2 Parametri caratteristici

Sulla base dei valori dei risultati delle prove in sito (prove penetrometriche dinamiche) e in ragione delle caratteristiche granulometriche dei depositi è stata definita la parametrizzazione per la stessa Unità.

**Tabella 27-** Riepilogo parametri caratteristici

Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Coesione efficace $c'$ (kPa)	Angolo d'attrito $\Phi$ (°)	Modulo elastico $E'$ (MPa)	DR (%)	N spt	Permeabilità $k$ (m/s)
18.0-19.0	0	34-36	20-40	40-50	15-30	$5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-6}$

### 7.3.4 Unità D – Limi

I depositi dell'unità D sono presenti come elementi lentiformi, anche di spessore metrico, rilevati lungo tutto lo sviluppo del tracciato; tali depositi sono caratterizzati da un prevalente contenuto di frazione fine a granulometria limosa. Sono indicati nelle seguenti tabelle i valori ottenuti dalle prove SPT e le relative elaborazioni in termini di parametri meccanici, che sono poi state utilizzate ai fini della determinazione dei parametri caratteristici per il litotipo in esame.

#### 7.3.4.1 Prove in sito: SPT

**Tabella 28-** Prove SPT in corrispondenza Unità D.

PROVE SPT										
Sondaggio	Quota slm	prof falda da p.c	Z <sub>inizio</sub> prova (m)	N2	N3	N'=15+0.5(Nspt-15)	sigma	zw (m)	u	sigma'
S264 (1992)	148	2	45	3	6	9	855	43	430	425
S267 (1992)	-	2	18	19	28	31	342	16	160	182
SINO17 (2000)	149,293	2	10,5	3	6	9	199,5	8,5	85	114,5
S4 (2009)	147,5	2	24	12	16	21,5	456	22	220	236
S4 (2009)	147,5	2	27	12	15	21	513	25	250	263
S5 (2009)	148	2	10	9	16	20	190	8	80	110
S6 (2009)	152	2	6	3	6	9	114	4	40	74
S6 (2009)	152	2	9	9	13	18,5	171	7	70	101
S6 (2009)	152	2	21,5	5	7	12	408,5	19,5	195	213,5
PNMAP1B02 (2011)	161	2	27,5	4	10	14	522,5	25,5	255	267,5
AMBD1V002 (2002)	-	2	3	4	6	10	57	1	10	47
AMBD1V003 (2002))	-	2	30	5	8	13	570	28	280	290
XMBD1R006 (2002)	-	2	18,5	4	6	10	351,5	16,5	165	186,5
SCMAP1V01 (2011)	158	2	30	1	11	12	570	28	280	290
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	3			4	57	1	10	47
PDNB01_S6 (2020)	150	2	9			22	171	7	70	101
PDNB01_S3 (2020)	154	2	1,5			15	28,5	0	0	28,5

**Tabella 29-** Interpretazione Prove SPT in corrispondenza Unità D.

PROVE SPT				CN	N1	DR	DR	Φ (°)	Elasticità	Ohya et al
Sondaggio	Quota slm	prof falda da p.c	Z <sub>inizio</sub> prova (m)	-	-	(-)	(%)	RBS	E	Eu
S264 (1992)	148	2	45	0,381	3,429	0,239	23,905	27	7	7,70
S267 (1992)	-	2	18	0,709	21,986	0,605	60,533	37	15	16,79
SINO17 (2000)	149,293	2	10,5	0,932	8,392	0,374	37,398	27	7	7,70
S4 (2009)	147,5	2	24	0,595	12,798	0,462	46,184	33	12	13,34
S4 (2009)	147,5	2	27	0,551	11,570	0,439	43,913	33	11	13,14
S5 (2009)	148	2	10	0,952	19,048	0,563	56,344	32	11	12,74
S6 (2009)	152	2	6	1,149	10,345	0,415	41,523	27	7	7,70
S6 (2009)	152	2	9	0,995	18,408	0,554	55,389	32	11	12,13
S6 (2009)	152	2	21,5	0,638	7,656	0,357	35,720	28	8	9,24
PNMAPIB02 (2011)	161	2	27,5	0,544	7,619	0,356	35,635	29	9	10,18
AMBD1V002 (2002)	-	2	3	1,361	13,605	0,476	47,619	27	7	8,23
AMBD1V003 (2002)	-	2	30	0,513	6,667	0,333	33,333	29	8	9,71
XMBD1R006 (2002)	-	2	18,5	0,698	6,981	0,341	34,110	27	7	8,23
SCMAPIV01 (2011)	158	2	30	0,513	6,154	0,320	32,026	28	8	9,24
PDNB01_S5 (2020)	149,8	2	3	1,361	5,442	0,301	30,117	23	4	4,62
PDNB01_S6 (2020)	150	2	9	0,995	28,856	0,693	69,349	36	14	16,10
PDNB01_S3 (2020)	154	2	1,5	1,5564	23,3463035	0,62378286	62,3782862	36,73	9	10,63

Nelle seguenti figure si riportano in forma grafica gli andamenti con la profondità dei valori ottenuti dalle prove SPT e le relative elaborazioni in termini di parametri meccanici (angolo d'attrito e deformabilità), che sono poi state utilizzate ai fini della determinazione dei parametri caratteristici per il litotipo in esame.

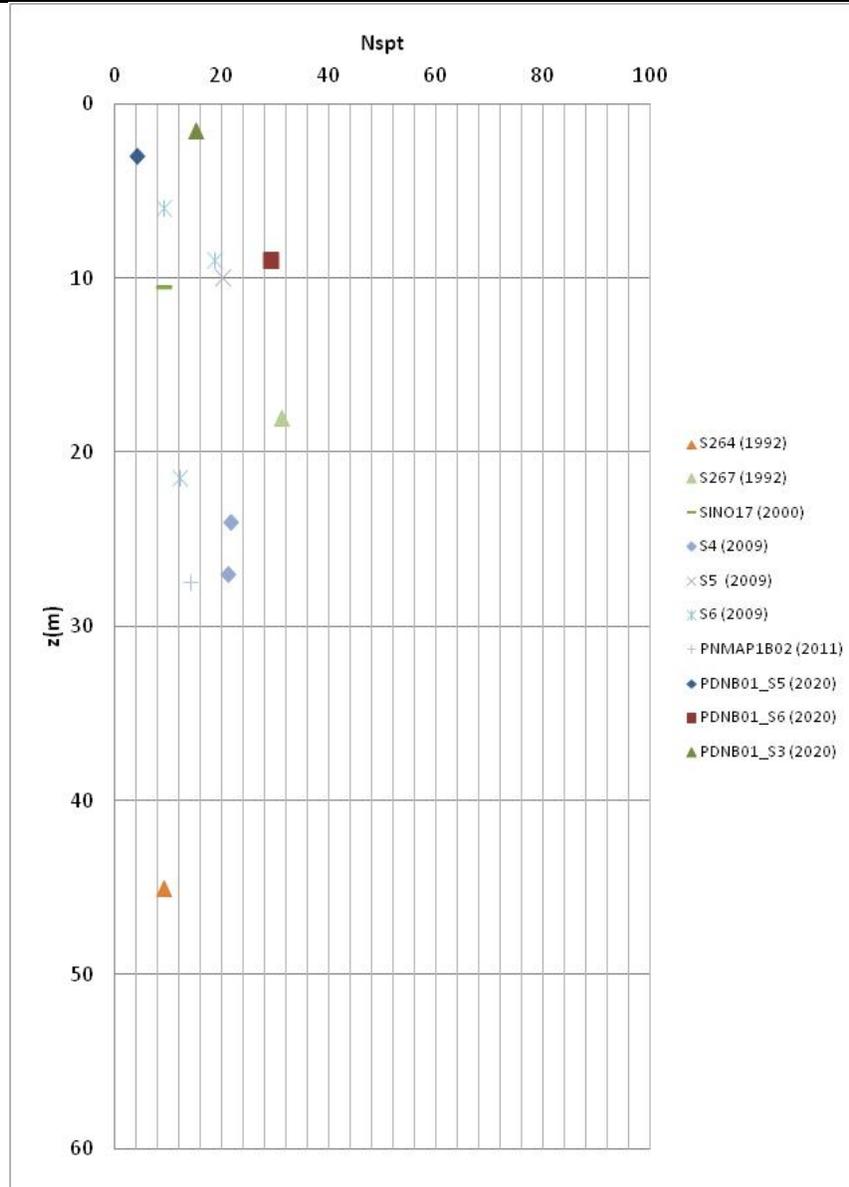


Figura 24- Nspt (N²)

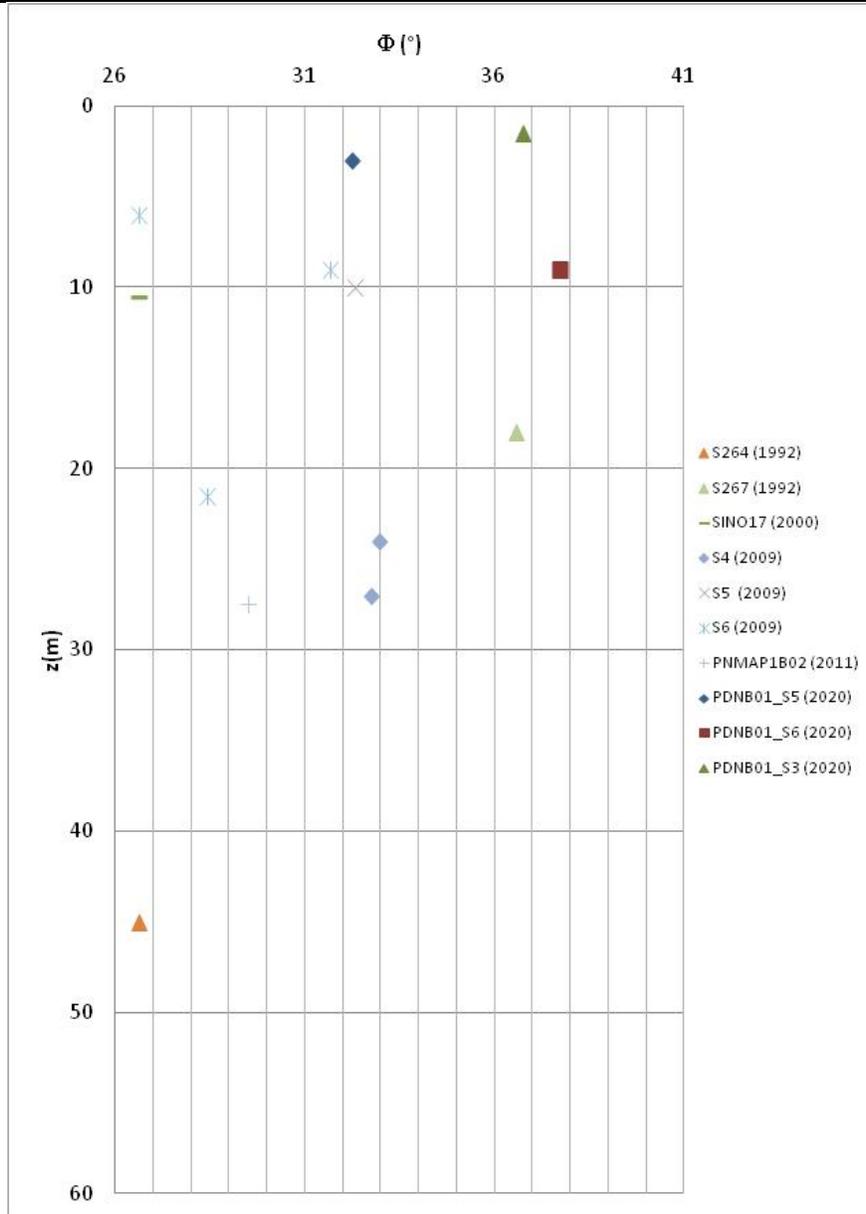


Figura 25- Angolo d'attrito - RBS

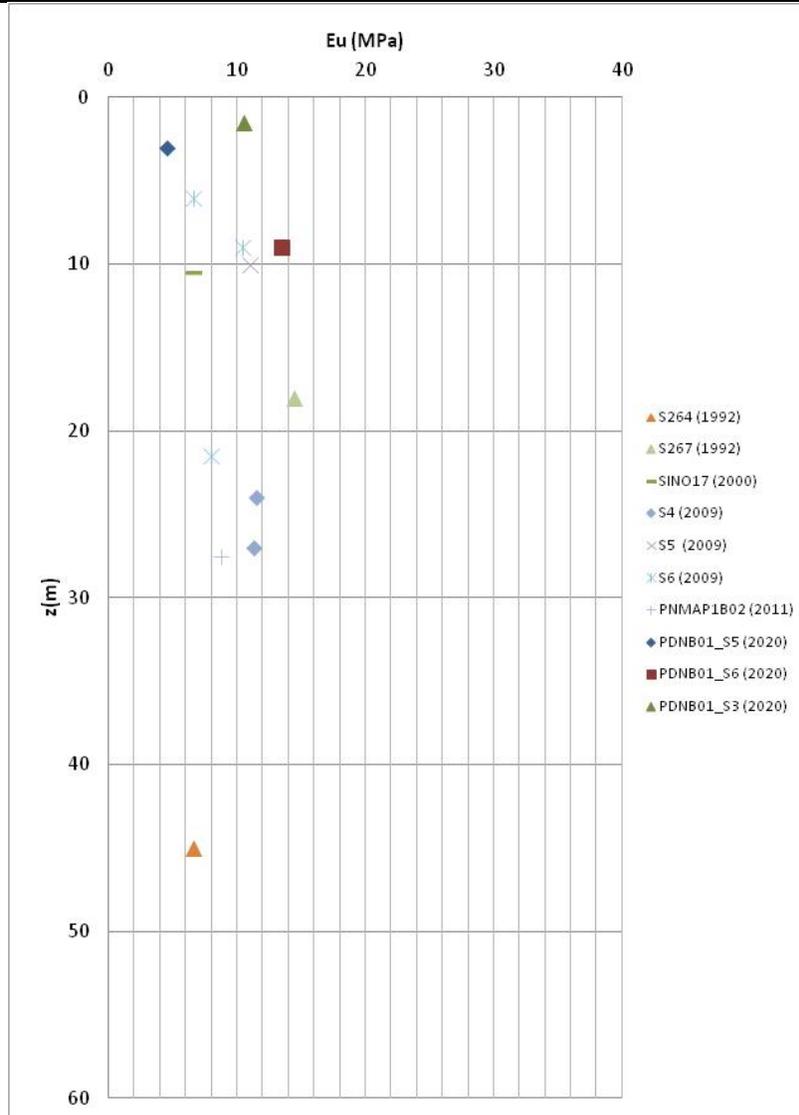


Figura 26-  $E_u$  – Ohya

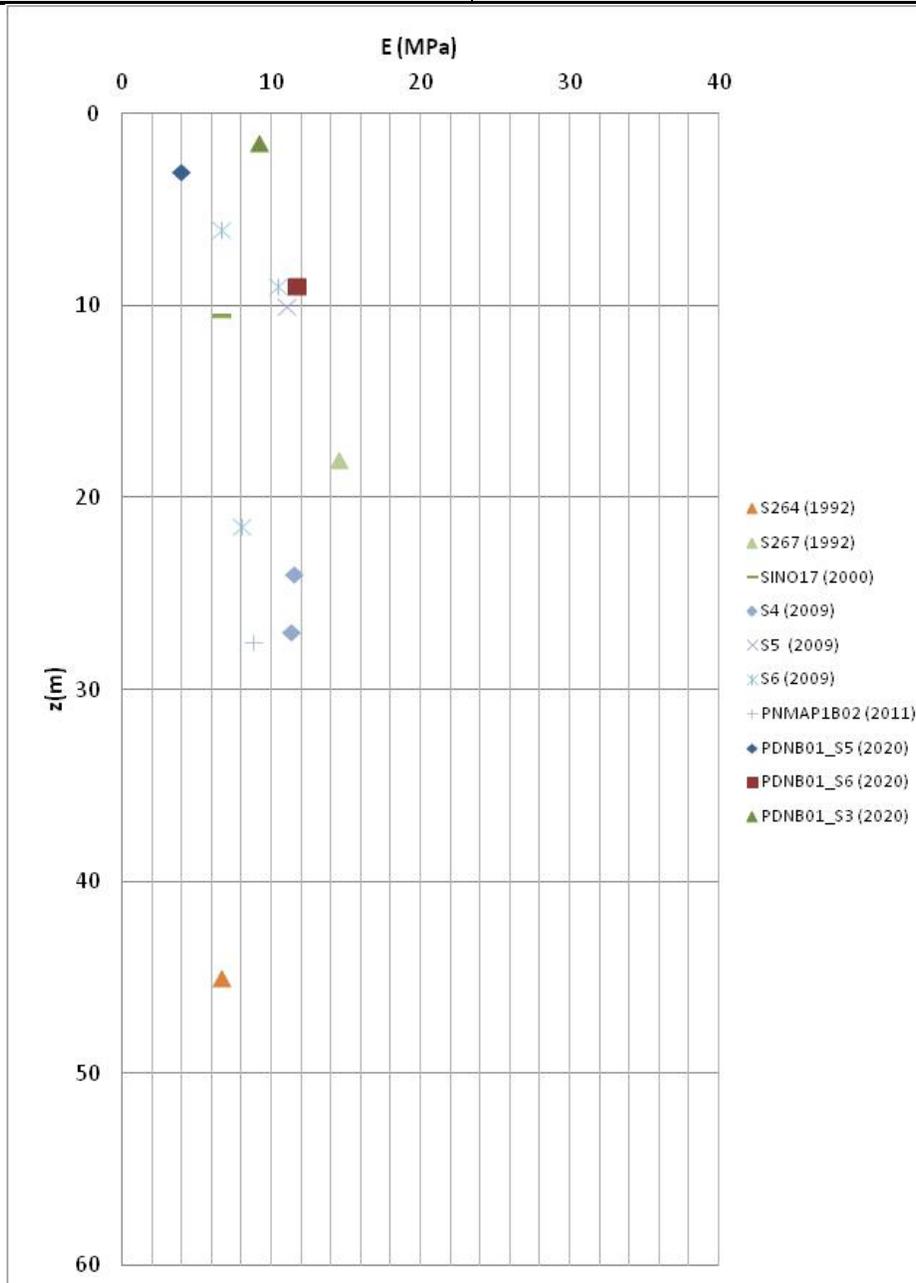


Figura 27- E' – Elasticità

Nelle seguenti figure si riportano i risultati delle prove di laboratorio eseguite nel litotipo

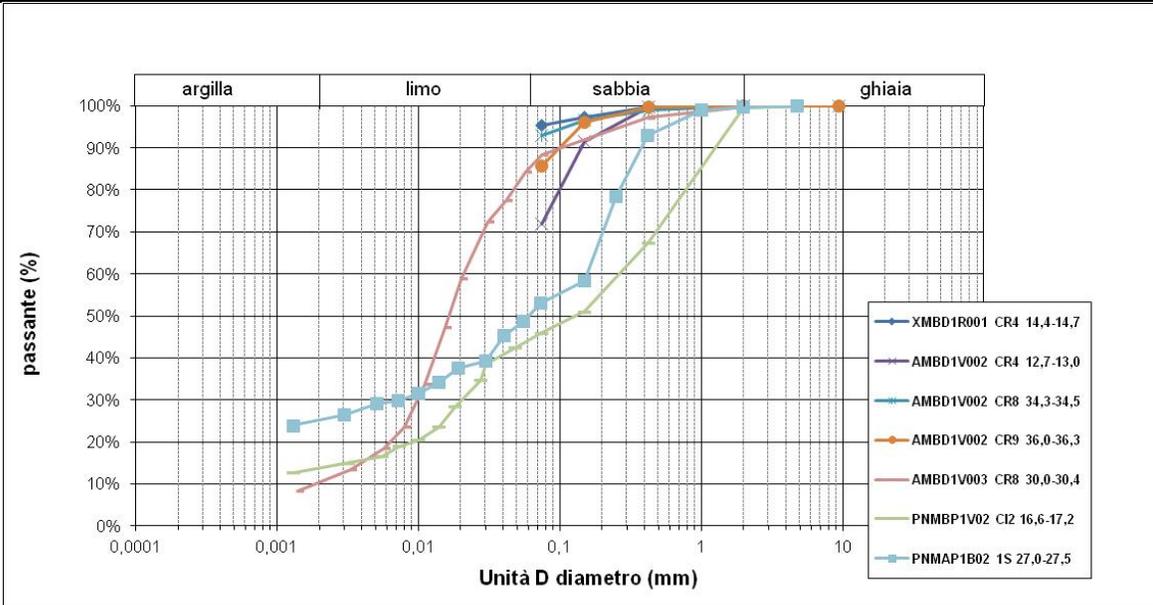


Figura 28- Granulometric

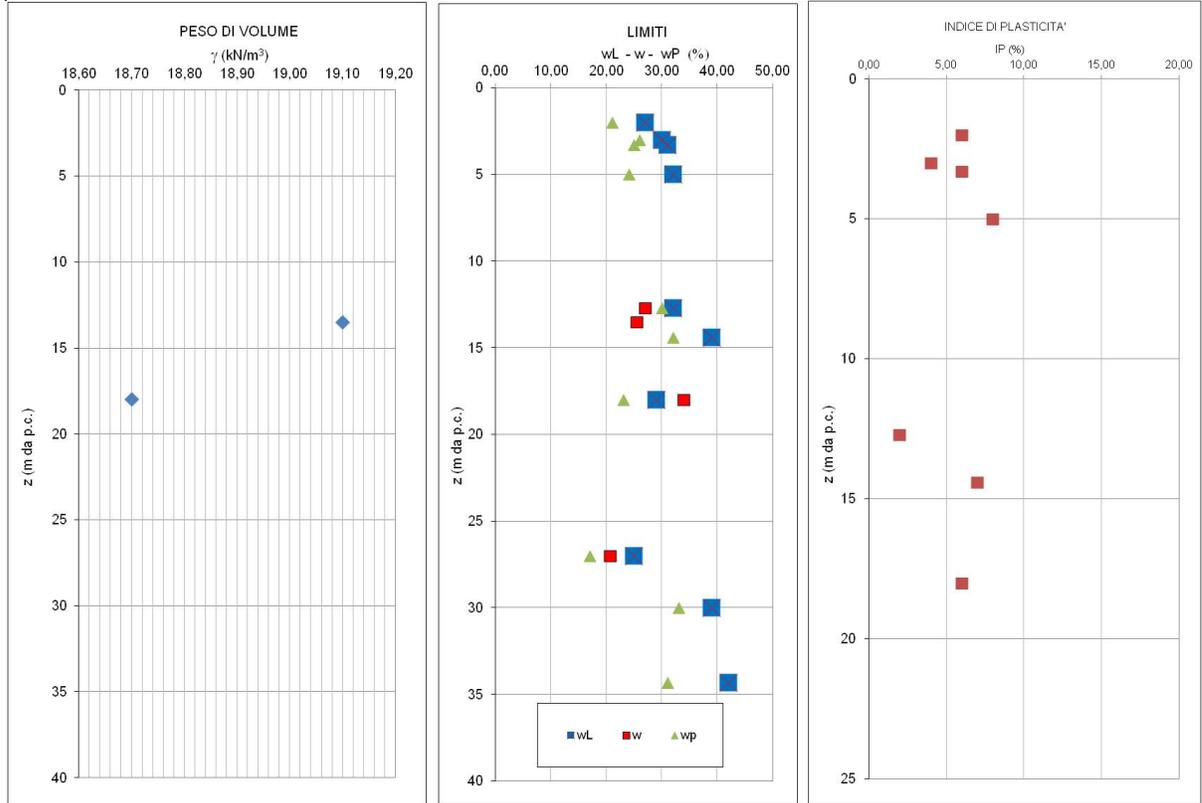


Figura 29- Proprietà fisiche

Le 2 prove di permeabilità condotte nell'ambito di tale unità (sondaggi campagna 2020) forniscono valori compresi tra  $4$  e  $8 \cdot 10^{-7}$  m/s.

### 7.3.4.2 Parametri caratteristici

Sulla base dei valori dei risultati delle prove in sito (prove penetrometriche dinamiche) e in ragione delle caratteristiche granulometriche dei depositi è stata definita la parametrizzazione per la stessa Unità.

**Tabella 30-** Riepilogo parametri caratteristici

Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Coesione efficace $c'$ (kPa)	Angolo d'attrito $\Phi$ (°)	Coesione non drenata $c'$ (kPa)	Modulo elastico $E'$ (MPa)	Modulo elastico non drenato $E_u$ (MPa)	N spt	Permeabilità $k$ (m/s)
18.0-19.0	0-10	26-28	50-60	8-10	9-12	10-20	2-3 10 <sup>-7</sup>

### 7.3.5 Unità E – Corpo dei rilevati

I depositi dell'unità E rappresentano i terreni costituenti il corpo dei rilevati per i quali, non avendo a disposizione prove dirette, si assumono i seguenti parametri fisico-meccanici caratteristici

**Tabella 31-** Riepilogo parametri caratteristici

Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Coesione efficace $c'$ (kPa)	Angolo d'attrito $\Phi$ (°)	Modulo elastico non drenato $E_u$ (MPa)	Modulo elastico $E'$ (MPa)	Permeabilità $k$ (m/s)
20.0	0	34-35	-	20-30	-

## 8 RIEPILOGO PARAMETRI

Si procede quindi alla definizione dei modelli geotecnici di riferimento che saranno adottati per la progettazione e la verifica delle strutture in progetto. Nelle tabelle che seguono si riportano i parametri caratteristici adottati.

**Tabella 32 - Modello geotecnico**

Tipologia	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi$ (°)	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$E'$ (MPa)	$k$ (m/s)
Unità A – Coltre e Riporti	18.0-19.0	0	26-30	-	-	4-9	-
Unità B – Ghiaie e Sabbia e ghiaia	20.0	0	40-44	-	-	35-60 da 0 a 10 m 45-70 >10	10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-5</sup>
Unità C – Sabbie	18.0-19.0	0	34-36	-	-	20-40	3*10 <sup>-5</sup>
Unità D – Limi	18.0-19.0	0-10	26-28	50-60	9-12	8-10	2-3*10 <sup>-7</sup>
Unità E – Corpo rilevati	20.0	0	34-35	-	-	20-30	-

	NODO DI NOVARA					
	1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y00	D11	GEOC0001	001	A	71 di 80

## 9 CLASSIFICAZIONE SISMICA E STABILITA' DEL SITO

### 9.1 Definizione dell'analisi sismica

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

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

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$ , del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  $F_0$ , del periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale  $T_c^*$ ;
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno  $T_r$  ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

Pertanto, per individuare, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche occorre fissare:

- la vita di riferimento  $V_r$  della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento  $P_{v_r}$  associate a ciascuno degli stati limite considerati.

Infatti, fissata la vita di riferimento  $V_r$ ,  $T_r$  è esprimibile in funzione di  $P_{v_r}$  mediante l'espressione:

La vita di riferimento è calcolata come:

$$V_r = V_n C_u$$

dove  $V_n$  è la vita nominale dell'opera e  $C_u$  la classe d'uso.

Si è posto  $V_n = 75$  anni e  $C_u = 1.5$  (classe d'uso III).

Nota l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido  $a_g$ , l'accelerazione di picco  $a_{max}$  è valutata sulla base della risposta sismica locale:

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

dove  $S_s$  è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione stratigrafica,  $S_t$  è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione topografica.



	NODO DI NOVARA <b>1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b>					
	RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA NM0Y00	LOTTO D11	CODIFICA GEOC0001	DOCUMENTO 001	REV. A

**Tabella 34** – Sintesi prove geofisiche – 2020

	<b>MASW 1</b>	<b>MASW 2</b>	<b>MASW 3</b>	<b>MASW 4</b>	<b>MASW 5</b>	<b>MASW 6</b>	<b>MASW 7</b>	<b>MASW 8</b>
V <sub>seq</sub> (m/s)	312	297	314	304	296	300	352	331
Categoria di suolo di fondazione	<b>C</b>							

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, essendo le aree in oggetto localizzate in ambito di pianura e non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, le morfologie possono essere ricondotte ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 17/01/2018.

In particolare, i siti in oggetto possono essere classificati di categoria T1, “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ”, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$ .

Si assume per le aree in progetto la categoria di sottosuolo di fondazione “C”.

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

8,6179

LATITUDINE

45,4415

Ricerca per comune

REGIONE

Piemonte

PROVINCIA

Novara

COMUNE

Novara

Elaborazioni grafiche

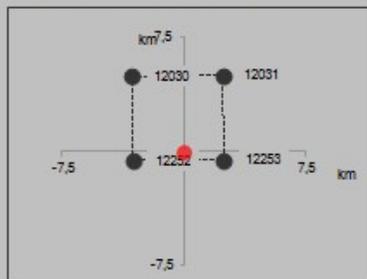
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

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

INTRO

**FASE 1**

FASE 2

FASE 3

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

### Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE {

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>

Stati limite ultimi - SLU {

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

### Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

### Strategia di progettazione



### LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie ---■--- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

**FASE 2**

FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

#### Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

#### Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info

$S_S = 1,500$

$C_C = 1,551$  info

Categoria topografica **T1** info

$h/H = 0,000$

$S_T = 1,000$  info

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

#### Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%) **5**

$\eta = 1,000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_o$  **1**

Regol. in altezza **si** info

#### Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore  $q$  **1**

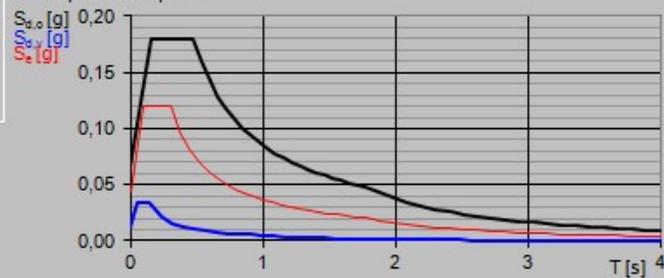
$\eta = 1/q = 1,000$  info

#### Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

#### Spettri di risposta



INTRO

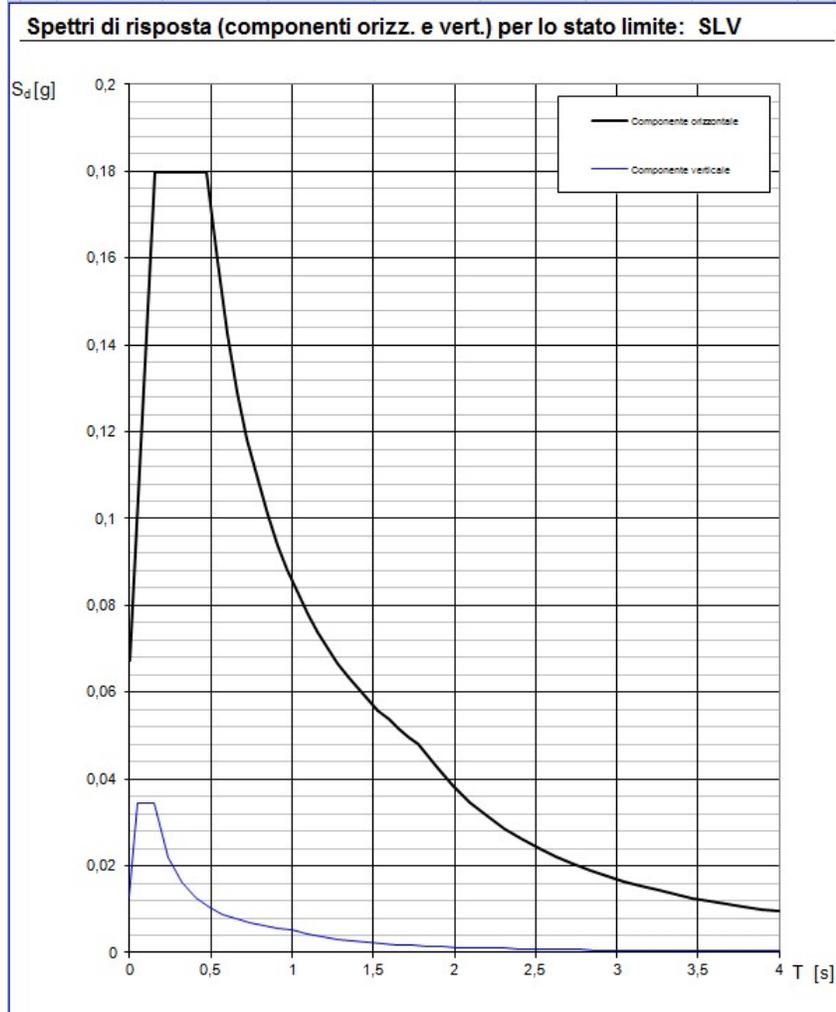
FASE 1

FASE 2

**FASE 3**

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0,020	2,545	0,175
SLD	113	0,025	2,552	0,218
SLV	1068	0,045	2,670	0,307
SLC	2193	0,053	2,743	0,329



Per la definizione della pericolosità sismica e le analisi relative al rischio di liquefazione si rimanda alla relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica.

	NODO DI NOVARA					
	<b>1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y00	D11	GEOC0001	001	A	78 di 80

## 9.2 Valutazione del rischio liquefazione nelle aree di progetto

Per la valutazione del rischio di liquefazione relativamente ai depositi presenti lungo il tracciato di progetto sono stati presi in esame i risultati delle indagini eseguite nel 2018, con particolare riferimento a:

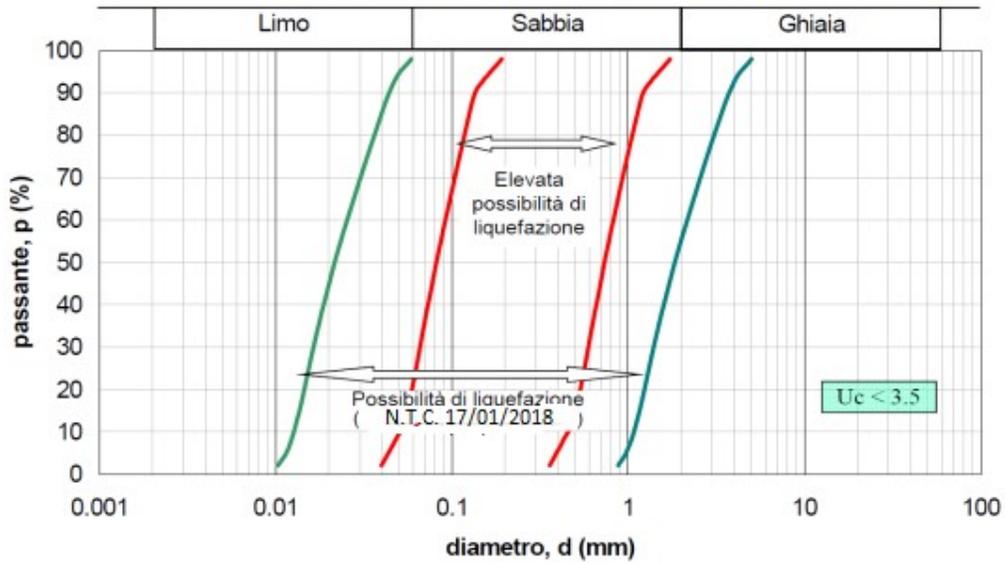
- prove spt eseguite nei sondaggi della campagna indagini 2018
- granulometrie dei depositi sabbiosi e sabbioso-limosi presenti nei primi 15-20 m;
- Andamento delle onde di taglio Vs (MASW campagna indagini 2018)

In particolare, dalle stratigrafie dei sondaggi disponibili e analizzati (campagna 2018), si segnala la presenza di orizzonti metrici di limi sabbiosi e/o sabbie limose sotto falda caratterizzate da valori di resistenza penetrometrica bassi.

E' necessario considerare che la liquefazione non possa avvenire generalmente se è soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni:

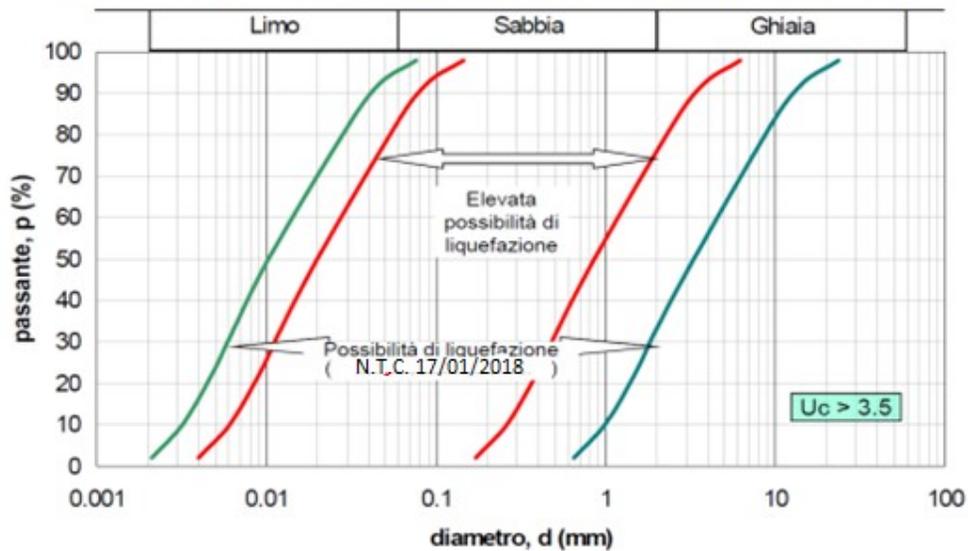
1. Accelerazione massima attesa al p.c. in assenza di manufatti (free-field) minori di 0,1g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e dove  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nello schema A, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$ , e nello schema B, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

### Fasce critiche (coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ )



A – Distribuzione granulometrica con terreni con  $U_c < 3.5$

### Fasce critiche (coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$ )



B - Distribuzione granulometrica con terreni con  $U_c > 3.5$

Come indicato nella relazione geologica, a fronte dei valori dell'accelerazione al suolo, minori di 0.1 g non si ritiene necessario eseguire la verifica a liquefazione, in quanto risulta verificata la prima condizione di esclusione.

	NODO DI NOVARA					
	<b>1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y00	D11	GE0C0001	001	A	<b>80 di 80</b>

## 10 CONCLUSIONI

La presente Relazione Geotecnica, è stata redatta relativamente alla progettazione definitiva delle opere di Nodo di Novara Boschetto, con riferimento agli interventi di seguito elencati:

- Linea Vignale-Arona-Domodossola;
- Bretella Merci di Vignale – Linea Alessandria-Arona

In particolare, nella presente relazione, sono affrontati i seguenti aspetti:

- Breve inquadramento geologico;
- Descrizione delle indagini geotecniche eseguite in sito ed in laboratorio;
- Descrizione dei criteri in base ai quali sono stati interpretati i risultati delle indagini geotecniche effettuate;
- Interpretazione dei risultati delle indagini geotecniche e definizione dei parametri geotecnici, in termini di proprietà fisiche e meccaniche (resistenza al taglio e deformabilità), per le unità geotecniche individuate;
- Risposta sismica del sito;
- Verifica della suscettibilità alla liquefazione

In conclusione, si può affermare che il modello geotecnico di sottosuolo ottenuto sulla base dei risultati delle varie campagne d'indagine svolte nel corso degli anni e attualmente disponibili (campagna 1992-2000-2009-2011-2018-2020), descrive terreni di buone caratteristiche meccaniche in assenza di un potenziale rischio di liquefazione. Il dimensionamento delle opere previste in progetto sarà svolto negli specifici elaborati di progetto. Con riferimento alle opere che prevedono la realizzazione di scavi sia provvisori sia definitivi, si dovrà considerare la presenza dell'interazione con la falda, rilevata a profondità prossime al p.c. In tali condizioni, a fronte della medio-elevata permeabilità dei terreni presenti lungo il tracciato (sabbie e ghiaie) si dovranno prevedere idonei sistemi di aggotamento/abbassamento del livello al fine di consentire la realizzazione degli scavi in condizioni di sicurezza e all'asciutto.