



COMUNE DI  
THIENE

COMMITTENTE



CARREFOUR PROPERTY ITALIA S.R.L.  
CARMILA THIENE S.R.L.  
CARMILA ITALIA S.R.L.

Via Caldera, 21 - 20153 Milano IT  
Tel. +39 02 48251  
Fax +39 02 48252980

STUDIO IMPATTO AMBIENTALE



Via M.Libertà, 42 - 31023 Resana (TV)  
Tel +39 0423 715256  
Fax +39 0423 480979

uff.tecnico@studio-conte.com  
www.studio-conte.com

INGEGNERIA E COORDINAMENTO



Via Thaon di Revel, 21 - 20159 Milano IT  
Tel +39 02 36798890  
Fax +39 02 36798892

www.buromilan.com  
Info@buromilan.com  
C.F. e P.Iva 08122220968

ARCHITETTURA



Via Galvano Flamma, 12  
20129 Milano IT  
Tel +39 02 45371134

www.mygg.it  
mygg@mygg.it

IMPIANTI



Via Cefalonia, 15 - 20156 Milano IT  
Tel +39 02 33401519  
Fax +39 02 33402699

mail@apengineering.it

VIABILITA'



Via G. Morgagni, 24 - 37135 Verona IT  
Tel +39 045 8250176  
Fax +39 045 8250176

www.netmobility.it  
netmobility@netmobility.it  
C.F. e P.Iva 03184140238

PROGETTO DEL VERDE



Via Olmo, 48 - 30035 Mirano (VE)  
Tel +39 340 9776146  
P.Iva 03629790274

www.studioviridis.pro  
daniele@studioviridis.pro

ACUSTICA



Via Uruguay, 53/C - 35127 Padova  
Tel +39 0497801827  
Fax +39 0497803289

www.progettodecibel.com  
info@progettodecibel.it  
P.Iva 03576940237

PROGETTO

## RESTYLING E AMPLIAMENTO CENTRO COMMERCIALE CARREFOUR DI THIENE

EMISSIONE

### VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE (VIA)

TITOLO

### RELAZIONE GEOTECNICA, GEOLOGICA E AMBIENTALE

ELABORATO N.

# Gr001

Scala	Redazione	Approvazione	Job Number
-	PC	MM	H106
Revisione Corrente	Data	Emissione	
00	3.5.2019		VIA



**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA PER  
AMPLIAMENTO CENTRO COMMERCIALE  
CARREFOUR  
VIA GALILEO GALILEI THIENE (VI)**

**Rif. 19CO03320**

COMMITTENTE:

**Milan Ingegneria S.r.l.**

Via Thaon di Rever, 21  
20159 Milano

DATA

Vicenza 22 Marzo 2019

RESPONSABILE LABORATORIO

Dott Paolo Cornale

INDICE:

Premessa.....	3
ANALISI DEI VINCOLI.....	4
Inquadramento Geografico .....	5
Inquadramento Geologico .....	6
Inquadramento Geomorfologia .....	9
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI.....	9
SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO .....	10
Finalità e Metodologia di Prova.....	10
Restituzione dei Dati di Prova e Discussione dei Risultati.....	10
PROVE SPT IN FORO.....	21
Finalità e Metodologia di Prova.....	21
Restituzione dei Dati di Prova e Discussione dei Risultati.....	21
PROVA DI PERMEABILITÀ IN FORO .....	23
Finalità e Metodologia di Prova.....	23
classificazione fisica del materiale.....	25
Determinazione Della Distribuzione Granulometrica.....	25
Limiti di Consistenza di Atterberg .....	26
PROVA DI compressione triassiale.....	27
FINALITÀ E METODOLOGIA DI PROVA .....	27
Indagine sismica .....	28
Azione Sismica.....	28
Categoria del suolo di fondazione.....	28
Indagine di Sismica Attiva (MASW) .....	30
Strumentazione Impiegata.....	30
Considerazioni Preliminari Sull'indagine Sismica Attiva.....	31
RELAZIONE GEOTECNICA .....	33
Verifica Alla Liquefazione .....	33
MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI SINTESI PER LA PROGETTAZIONE.....	35
CONCLUSIONI .....	36

## PREMESSA

Su incarico dello Spett.le studio Milan Ingegneria S.r.l. è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche per l'ampliamento del centro commerciale Carrefour sito in comune di Thiene (VI). L'ubicazione dei punti di indagine è stata concordata con la committenza

L'obiettivo del presente studio è quello di definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e di stabilità dell'area e le condizioni locali per verificare la compatibilità dell'intervento in progetto preliminare con le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione, in ottemperanza alle seguenti normative vigenti:

- D.M. 17/01/18 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- O.P.C.M. n. 3274/03 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" con allegati e successive modifiche.
- O.P.C.M. n. 3519/06 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime."

A tal fine sono state eseguite le seguenti indagini:

- Ricerca cartografica e bibliografica;
- Rilevamento geologico e geomorfologico dell'area;
- Esecuzione di n. 1 **sondaggio a carotaggio continuo** che ha raggiunto la profondità di 30m con carotiere semplice da Ø 101mm, compreso rivestimento da Ø 127mm ove necessario, l'estrazione e la conservazione dei depositi in cassette catalogatrici;
- Esecuzione di n. 2 **sondaggio a carotaggio continuo** che hanno raggiunto la profondità di 20m con carotiere semplice da Ø 101mm, compreso rivestimento da Ø 127mm ove necessario, l'estrazione e la conservazione dei depositi in cassette catalogatrici;
- Esecuzione di n. 15 **prove SPT in foro con punta chiusa**, con apparecchio munito di dispositivo di sgancio automatico;
- Esecuzione di n. 1 **prove di permeabilità in foro tipo Lefranc**
- Esecuzione di n. 1 prospezioni sismiche di tipo **MASW** sui terreni su cui verranno posizionate le nuove strutture;
- Prelievo di n. 10 **campioni di terreno** rimaneggiato per prove geotecniche;

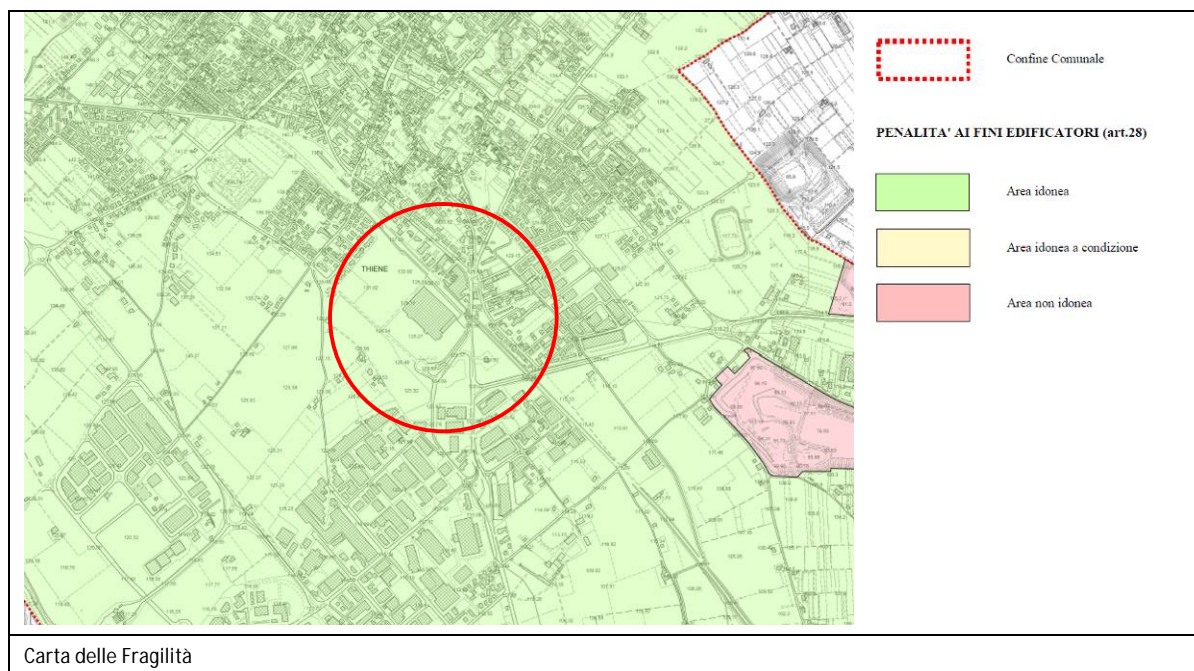
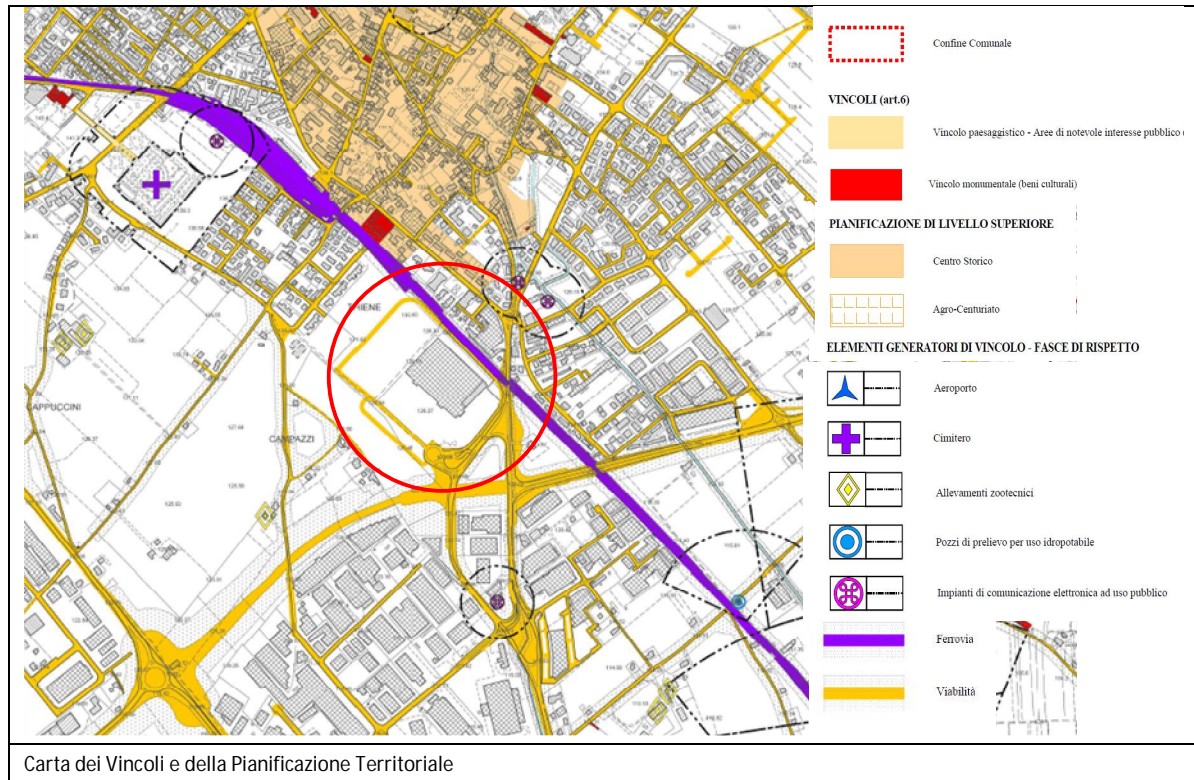
Sui campioni prelevati in sito sono state eseguite le seguenti indagini:

- Esecuzione di n. 12 **prove geotecniche** per valutare le caratteristiche geo-meccaniche dei materiali;

L'interpretazione dei risultati è sintetizzata nelle pagine seguenti, mentre i dati analitici sono contenuti nei rapporti di prova allegati.

## ANALISI DEI VINCOLI

Dalla consultazione della Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale e dalla Carta delle Fragilità del comune di Thiene risulta che l'area in oggetto non presenta vincoli di fattibilità significativi.

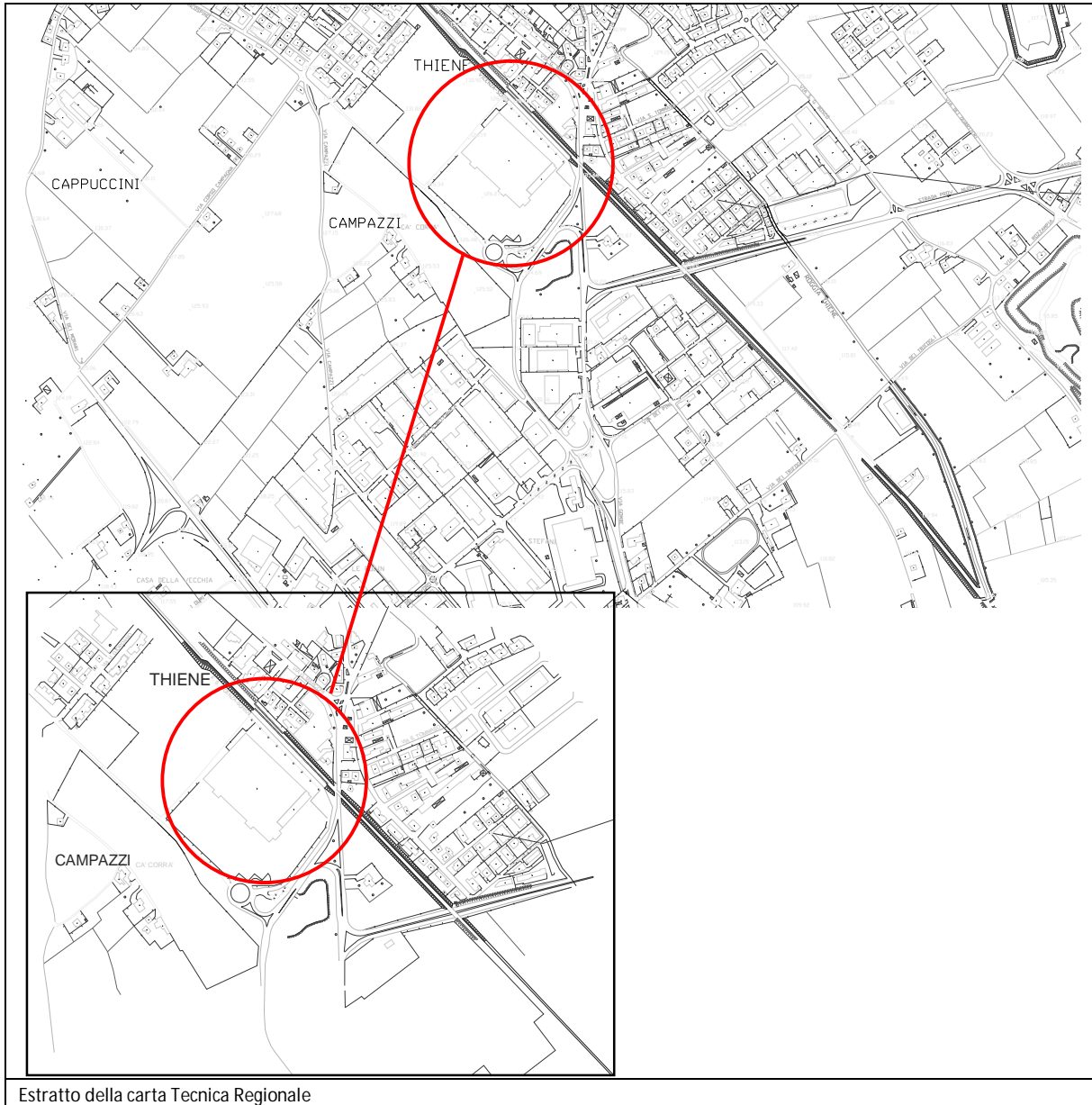




## RELAZIONE GEOLOGICA

### INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto delle indagini è situata nel Comune di Thiene (VI). L'area è censita come C.T.R. nel FOGLIO 103 (scala 1:50.000), SEZIONE 103100 (scala 1:10.000) ed ELEMENTO (scala 1:5.000) n. 103101 "BORGO LAMPERTICO".



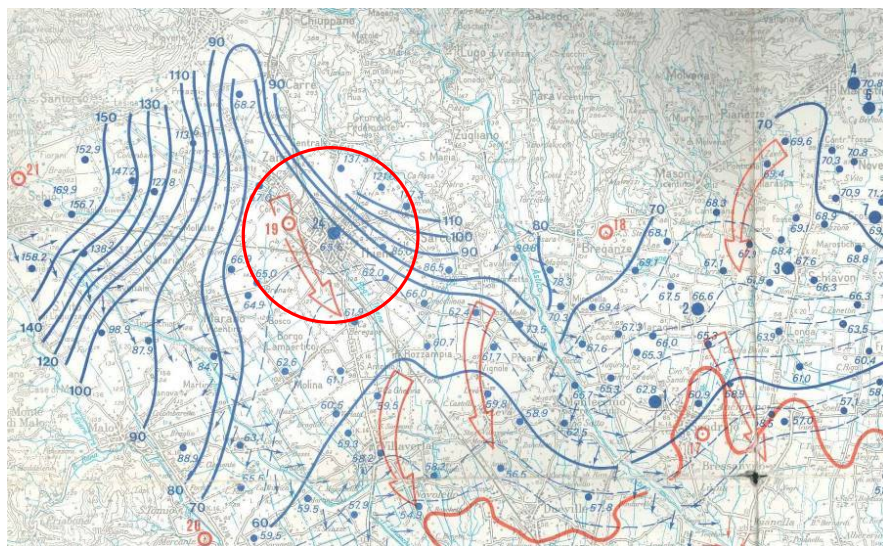
## INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio di pianura a Nord di Vicenza, insieme alla zona di pianura della provincia di Padova, Venezia e Treviso, è parte del grande complesso alluvionale della Pianura Padana, la cui formazione è da attribuirsi all'azione sedimentaria dei grandi fiumi di origine alpina, l'Adige, il Brenta, il Piave, il Tagliamento, con apporti più limitati da parte dei fiumi minori prealpini o di risorgiva quali l'Astico, il Tesina, il Bacchiglione, il Musone, il Sile, il Livenza.

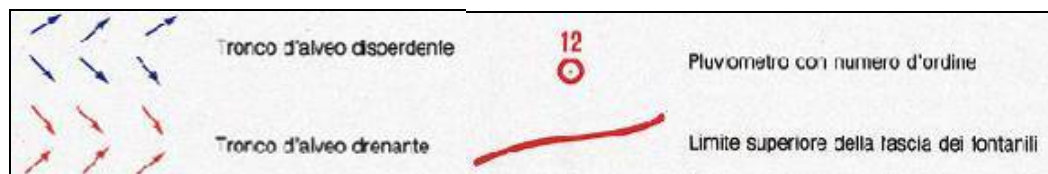
Grazie alla complessiva situazione di subsidenza dei blocchi tettonici che ne costituiscono il sottosuolo profondo, nel corso degli ultimi due milioni di anni (Quaternario) si sono potuti accumulare spessori ingenti di sedimenti alluvionali, che in corrispondenza delle attuali aree costiere superano i 1000 m. Questi enormi volumi di detriti sono il prodotto dell'erosione nell'area alpina e prealpina che, per converso, è stata (ed è tuttora) in attivo sollevamento.

In questo quadro mutevole, il Brenta è andato costruendo la pianura posta a Nord e a Est degli Euganei, creando una superficie complessivamente inclinata in direzione Sud-Est, con quote massime di circa 70 m s.l.m. e minime inferiori al livello medio mare in prossimità della laguna. Questo fiume, procedendo verso valle dal suo sbocco in pianura presso Bassano del Grappa perde via via capacità di trasporto. Se all'altezza di Cittadella è ancora in grado di trascinare ghiaie di dimensioni centimetriche, alcuni chilometri più a sud i materiali più grossolani che riesce a spostare non sono, mediamente, superiori alla granulometria delle sabbie. Come conseguenza di questa diminuzione della potenza del fiume, i sedimenti alluvionali nella fascia pedemontana sono prevalentemente ghiaie e sabbie, sia in superficie sia nel sottosuolo.

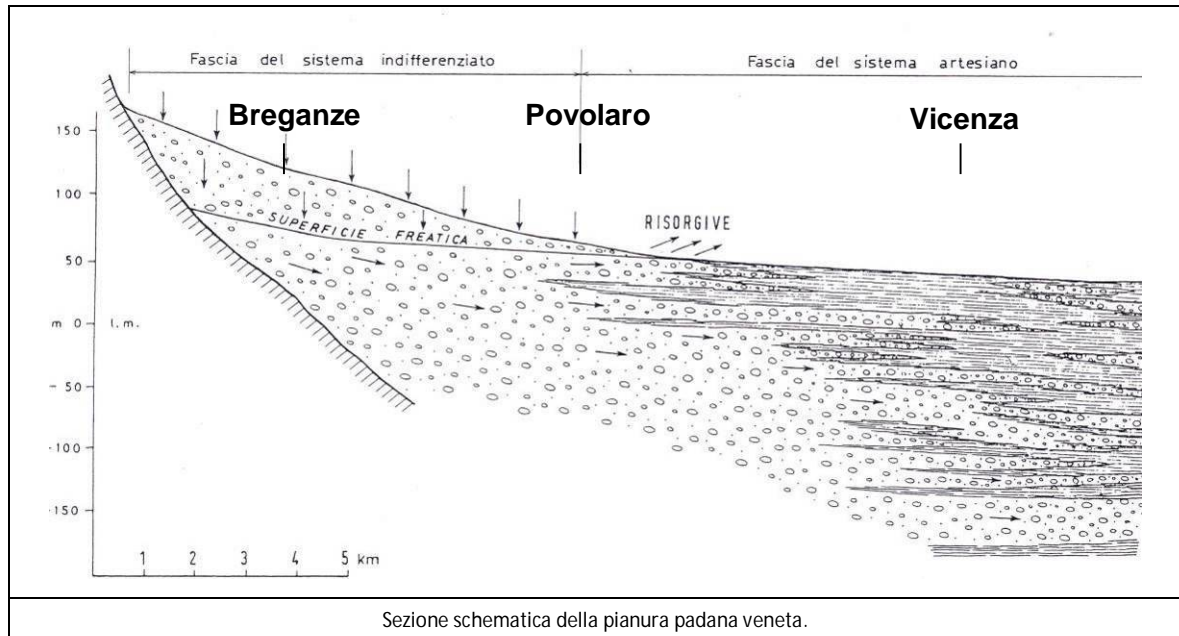
È questa la cosiddetta "alta pianura", caratterizzata da suoli molto permeabili. Il limite dell'alta pianura è approssimativamente parallelo alla linea congiungente Cittadella con Castelfranco Veneto. Verso Ovest si spinge fino alla scarpata che delimita l'alveo attuale del Brenta, per poi continuare in destra Brenta piegando leggermente verso Nord-Ovest fino a Sandrigo per poi ripiegare nuovamente verso Sud-Ovest fino a Caldogno passando per Dueville e Novoledo.



Estratto da "Carta idrogeologica dell'alta pianura veneta" - A. Dal Prà, 1983



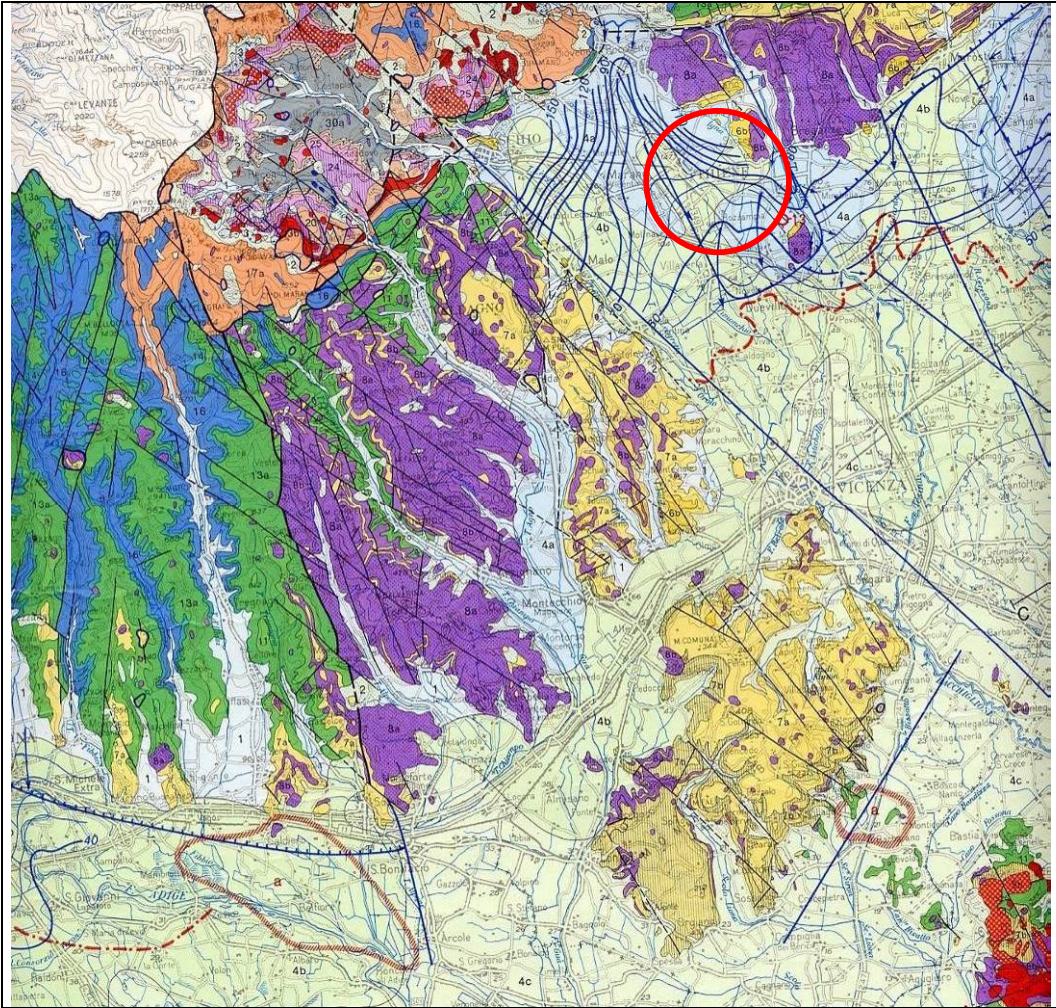
Il materasso ghiaioso dell'alta pianura ospita un'importante falda freatica. Si formano così nel sottosuolo delle riserve naturali di acqua che escono in superficie quando la falda viene a giorno. Questa zona di risalita della falda, al limite tra alta e bassa pianura, viene detta "fascia" o "linea delle risorgive".



Nel territorio della Provincia di Padova è particolarmente importante, e comprende le sorgenti dei fiumi Sile, Tergola e Musone vecchio, poco a sud di Cittadella. In destra Brenta, ma già nel territorio della Provincia di Vicenza, si trovano invece le sorgenti del Bacchiglione. I fiumi di risorgiva hanno regime tranquillo e tendono ad adattarsi alla morfologia creata dai grandi fiumi di origine alpina. Caratteristico è il comportamento del Bacchiglione, che in alcuni tratti a monte di Padova sembra seguire degli alvei abbandonati dal Brenta, mentre nel segmento terminale si imposta lungo il limite tra il Brenta e l'Adige. In corrispondenza della fascia di risorgive le granulometrie passano gradatamente da ghiaioso-sabbiose a limoso-argillose, con rapporti di interdigitazione a formare una alternanza in senso verticale.

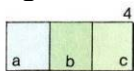
A valle della fascia delle risorgive, la pianura è costituita da depositi alluvionali prevalentemente limoso-argillosi, con intercalazioni sabbiose che possono essere più o meno importanti a seconda delle zone. Una vasta area prevalentemente sabbiosa si trova a Nord di Padova, in destra Brenta, al confine con la Provincia di Vicenza. Nelle restanti porzioni di pianura, i sedimenti sabbiosi sono perlopiù confinati in corrispondenza degli antichi dossi fluviali. Tali elevazioni indicano una tendenza alla pensilità del corso d'acqua che li ha formati, e isolano delle depressioni chiuse costituite da sedimenti più fini. A Sud della pianura alluvionale del Brenta, a fasciare il lato meridionale degli Euganei, si estende la pianura dell'Adige.





Estratto da: Carta Geologica d'Italia, scala 1:250.000.

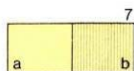
### Legenda



4  
Depositi alluvionali e fluvio-glaciali distinti sino a 30 m di profondità sulla base di stratigrafie di pozzi: ghiaie e sabbie prevalenti (a); alternanze di ghiaie e sabbie con limi e argille (b); limi e argille prevalenti (c), *Quaternario*



8  
Vulcaniti basaltiche degli Euganei, Berici, Lessini e del Marosticano: basalti di colata, filoni e camini di lava (a), ialoclastiti, tufi e breccie d'esplosione (b), *Oligocene-Paleocene sup.*



7  
Calcarei nummulitici, calcareniti, calcari di scogliera, arenarie e marne: *Formazione Acquenere, F. di Besagno, F. di Calvene, F. di Pradelgiglio, F. di Salcedo, Calcarenite di Castelgomberto, Calcare di Chiusole, C. di M. delle Erbe, C. di Nago (a), Oligocene-Eocene*; marne e calcari: *Calcare di S. Giustina, Marne Euganee, M. di Possagno, M. di Priabona, Scaglia Cinerea (Possagno) (b), Oligocene inf.-Eocene*

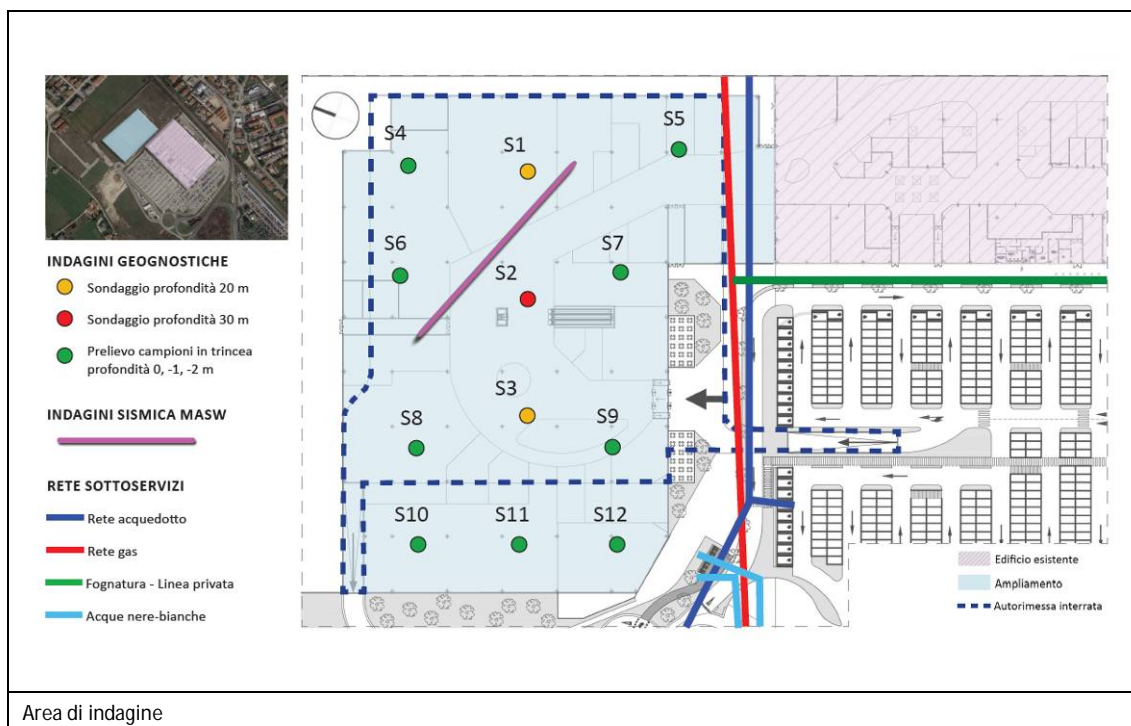
## INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGIA

Da un punto di vista morfologico, il terreno vicentino è caratterizzato essenzialmente dalle principali direttrici tettoniche lessine, da cui dipendono le incisioni vallive, le quali nella parte orientale sono prossime alla direzione della linea Schio-Vicenza (NNW-SSE); invece nella parte occidentale prevalgono orientamenti, che ripetono la direzione tettonica giudicariense (NNE-SSW). Complessivamente le valli hanno assunto una forma condizionata dalle maggiori linee di dislocazione del tavolato lessineo. Successivamente gli agenti esogeni modellarono i rilievi in maniera selettiva, in conformità alla natura litologica dei terreni più o meno erodibili.

L'area oggetto del rilevamento geologico e geomorfologico è situata nel comune di Thiene (VI), sulla pianura che si estende a Est dei rilievi lessine. Il territorio presenta una morfologia pianeggiante. La quota dell'area rilevata è in media intorno a 127 metri s.l.m..

L'area è costituita essenzialmente da un'unità geomorfologica denominata "Deposito alluvionale", che occupa tutta l'area rilevata ed è costituita da litotipi a granulometria più fine, del tipo argilloso-limosa, più in superficie, fino ad arrivare a litotipi più grossolani a granulometrie maggiori tipo ghiaie e ciottoli. Talvolta le granulometrie più fini possono del tutto essere assenti e trovarsi intercalate ai litotipi grossolani più in profondità.

## PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI





## SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

### FINALITÀ E METODOLOGIA DI PROVA

La perforazione a carotaggio continuo consiste nell'esecuzione di un foro per il prelievo in modo integrale di campioni rappresentativi del terreno attraversato. Per quanto sopra ci si serve di una unità di perforazione a rotazione installata su un autocarro cingolato munito essenzialmente da un impianto idraulico azionato da un motore diesel, da una testa di rotazione, da un argano di sollevamento, da una "torre" di perforazione e da un gruppo freno - svitatore (morsa idraulica). Gli attrezzi sono costituiti essenzialmente da aste di perforazione ( $L = 1.5 : 3.0$  m) e da tubi carotieri semplici e/o doppi a pareti sottili e grosse per il recupero del materiale da campionare. Il foro viene eseguito inserendo dei tubi di rivestimento provvisori con diametro  $\phi = 127$ mm e prelevando il campione all'interno con un carotiere di diametro  $\phi = 101$ mm.

### RESTITUZIONE DEI DATI DI PROVA E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Nello specifico, sono stati eseguiti tre sondaggi verticali a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 20m (S1 e S3) e 30m (S2). I tre sondaggi hanno riportato una percentuale di recupero delle carote pressoché integrale e comunque maggiore del 95 %. I campioni riposti in apposite cassette catalogatrici sono stati documentati dalle foto inserite di seguito in relazione e una volta chiuse sono state riposte nei magazzini di stoccaggio campioni della CSG Palladio Srl.



Panoramica dell'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo S1



Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S1 tra 0 e 5m di profondità.



Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S1 tra 5 e 10m di profondità.





Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S1 tra 10 e 15m di profondità.



Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S1 tra 15 e 20m di profondità.

Sondaggio S1						
STRATO N°	PROFONDITA' [ m ]			PROVE IN FORO	PRELIEVI IN FORO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA
<b>A</b>	0,0	-	11,30	SPT 1; -3,00m Rifiuto a 12cm  SPT2; -6,00m 31 - 37 - 42  SPT3; -9,00m Rifiuto a 10cm	S1 CG1 -3,00m; -4,00	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
<b>B</b>	11,30	-	13,90	SPT4; -12,00m Rifiuto a 5cm	---	Sabbia compatta con inclusioni di ghiaia e presenza di matrice limosa
<b>C</b>	13,90	-	20,00	---	---	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.





Panoramica dell'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo S2



Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S2 tra 0 e 5m di profondità.





Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S2 tra 5 e 10m di profondità.



Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S2 tra 10 e 15m di profondità.





Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S2 tra 15 e 20m di profondità.



Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S2 tra 20 e 25m di profondità.



Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S2 tra 25 e 30m di profondità.

Sondaggio S2						
STRATO N°	PROFONDITA' [ m ]		PROVE IN FORO	PRELIEVI IN FORO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	
A	0,0	-	30,00	SPT 1; -3,00m Rifiuto a 12cm	S2 CG1 -4,00m; -5,00	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
				SPT2; -6,00m Rifiuto a 11cm		
				SPT3; -9,00m Rifiuto a 10cm		
				SPT 4; -12,00m 30 - 36 - 42		
				SPT5; -15,00m Rifiuto a 5cm		
				SPT6; -18,00m Rifiuto a 5cm		
				SPT6; -21,00m Rifiuto a 5cm		





Panoramica dell'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo S3



Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S3 tra 0 e 5m di profondità.





Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S3 tra 5 e 10m di profondità.



Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S3 tra 10 e 15m di profondità.





Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S3 tra 15 e 20m di profondità.

Sondaggio S3						
STRATO N°	PROFONDITA' [ m ]			PROVE IN FORO	PRELIEVI IN FORO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA
A	0,0	-	10,30	SPT 1; -3,00m Rifiuto a 12cm	S3 CG1 -5,00m; -6,00	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
				SPT2; -6,00m 30 - 30 - 41		
				SPT3; -9,00m 22 - 28 - 39		
B	10,30	-	11,30	---	S3 CG2 -10,30m; -11,30	Limo argilloso
C	11,30	-	20,00	SPT 4; -12,00m Rifiuto a 5cm	---	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.

## PROVE SPT IN FORO

### FINALITÀ E METODOLOGIA DI PROVA

La prova SPT in foro si esegue durante la perforazione del sondaggio su depositi granulari per la determinazione della resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta conica di diametro pari a 51 mm, con angolo al vertice di 60°; l'infissione avviene mediante percussione su apposita testa di battuta, da parte di un maglio del peso di 63,5 kg, lasciato cadere da un'altezza di 76 cm. Si contano i colpi di maglio necessari a far avanzare la punta per tre tratti, ciascuno della lunghezza di 15 cm. Il numero di colpi corrispondente all'avanzamento dei primi 15 cm non viene computato, in quanto il terreno è potenzialmente disturbato dalle operazioni di carotaggio; nei calcoli viene invece considerata la somma dei valori relativi ai 2 avanzamenti successivi ( $N_{spt}$ ). Se il numero di colpi per ogni avanzamento è superiore a 50, la prova si considera conclusa indicando che il terreno non è penetrabile con questa tipologia di indagine ("rifiuto"). La prova S.P.T., attraverso delle correlazioni empiriche, fornisce un'indicazione sul grado di addensamento dei terreni e sulla sua deformabilità.



### RESTITUZIONE DEI DATI DI PROVA E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Nel caso in esame, sono state eseguite n. 11 prove S.P.T., in terreni prevalentemente ghiaiosi in matrice sabbiosa. I risultati ottenuti, con le relative correlazioni empiriche dei parametri meccanici del deposito granulare, sono stati riassunti per comodità di consultazione nella seguente tabella:



<b>Prove SPT in foro nel sondaggio S1</b>				
PROVA	QUOTA	COLPI	VALORE	DESCRIZIONE DEL DEPOSITO
N°	[ m ]	[ N° ]	NSPT	
S1 SPT 1	3,00 - 3,12	RIFIUTO	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa
S1 SPT 2	6,00 - 6,45	31-37-42	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa
S1 SPT 3	9,00 - 9,10	RIFIUTO	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa
S1 SPT 4	12,00 - 12,05	RIFIUTO	> 50	Sabbia compatta con inclusioni di ghiaia e presenza di matrice limosa

<b>Prove SPT in foro nel sondaggio S2</b>				
PROVA	QUOTA	COLPI	VALORE	DESCRIZIONE DEL DEPOSITO
N°	[ m ]	[ N° ]	NSPT	
S2 SPT 1	3,00 - 3,12	RIFIUTO	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
S2 SPT 2	6,00 - 6,11	RIFIUTO	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
S2 SPT 3	9,00 - 9,10	RIFIUTO	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
S2 SPT 4	12,00 - 12,45	30-36-42	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
S2 SPT 5	15,00 - 15,05	RIFIUTO	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
S2 SPT 6	18,00 - 18,05	RIFIUTO	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
S2 SPT 7	21,00 - 21,05	RIFIUTO	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.

<b>Prove SPT in foro nel sondaggio S3</b>				
PROVA	QUOTA	COLPI	VALORE	DESCRIZIONE DEL DEPOSITO
N°	[ m ]	[ N° ]	NSPT	
S3 SPT 1	3,00 - 3,12	RIFIUTO	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
S3 SPT 2	6,00 - 6,45	30-30-41	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
S3 SPT 3	9,00 - 9,45	22-28-39	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
S3 SPT 4	12,00 - 12,05	RIFIUTO	> 50	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.

## PROVA DI PERMEABILITÀ IN FORO

### FINALITÀ E METODOLOGIA DI PROVA

Al fine di determinare la permeabilità in sito dei terreni è stata eseguita una prova di permeabilità a carico variabile secondo le modalità raccomandate dall'Associazione Geotecnica Italiana. Le prove di permeabilità in sito sono adatte soprattutto per terreni granulari e forniscono una valutazione della permeabilità dei terreni sia in senso orizzontale che verticale; in particolare si deve valutare che l'attendibilità delle prove è proporzionale alla conoscenza stratigrafica del terreno inerente soprattutto la valutazione del grado di permeabilità dei terreni attraversati. Altri fattori influenti sul grado di precisione e attendibilità delle prove di permeabilità sono legati all'omogeneità stratigrafica laterale dei depositi su cui è seguita la prova, alle condizioni del moto di diffusione dell'acqua nel deposito, che devono essere, per quanto possibile, coerenti con un moto laminare e soprattutto alle condizioni di saturazione del deposito che devono essere realizzate immettendo dell'acqua dall'esterno nel caso in cui la prova non venga eseguita al di sotto del livello di falda. Il tratto soprastante, non interessato dalla prova, è stato isolato tramite i tubi di rivestimento posizionati durante l'avanzamento della perforazione, mentre il tratto su cui si è scelto di eseguire l'indagine è stato riempito di materiale drenante (ghiaio pulito) che ha il principale scopo di non far franare le pareti del foro; prima di iniziare a registrare i valori di abbassamento si è immessa dell'acqua nel pozzo fino a realizzare la saturazione del deposito. Nello specifico è stata eseguita una prova ad una profondità di 3,00m a partire dal piano campagna locale.

Di seguito si riporta la tabella tratta da "Elementi di geotecnica", P. COLOMBO, (1977) per la classificazione del terreno in funzione del coefficiente di permeabilità.

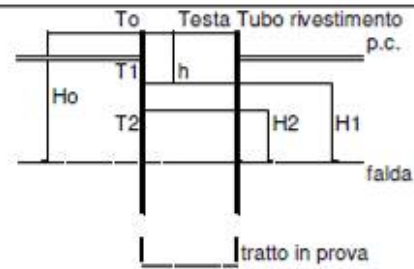
k (cm/s)	10 <sup>2</sup>	10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>
k (m/s)	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta		Bassa	BB	Impermeabile				
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte		

Sulla base di quanto sopra si deduce che il substrato su cui è stata eseguita la prova di permeabilità corrisponde ad un terreno naturale mediamente permeabile di natura limoso sabbiosa, il coefficiente di permeabilità rilevato è  $K = 4,09 \cdot 10^{-5}$  m/sec.

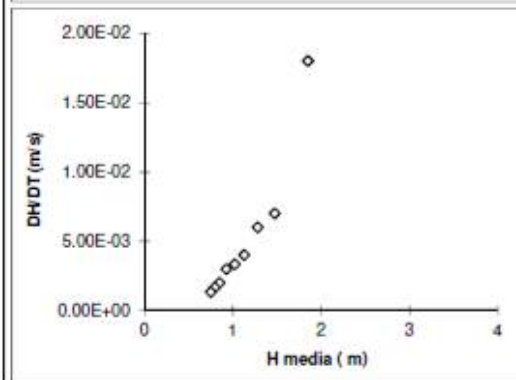
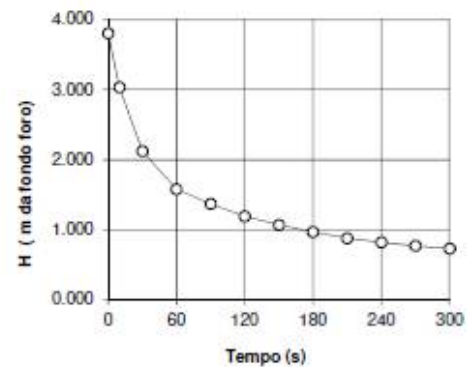


PROVA ESEGUITA SUL SONDAGGIO S2

PROFONDITA' PROVA (da p.c.)	da	3.00	a	3.50	m
TEMPO DI PROVA		5		minuti	
PROFONDITA' FONDO FORO (da p.c.)		-3.50		m	
PROFONDITA' RIVESTIMENTO (da p.c.)		-3.00		m	
ALTEZZA T.T. RIVESTIMENTO (da p.c.)		0.30		m	
LIVELLO DELLA FALDA		assente		m da p.c.	
LUNGHEZZA TASCA	L	0.50		m	
DIAMETRO TASCA	D	0.101		m	
COEFFICIENTE DI FORMA	C	1.347			
AREA DI BASE TASCA	A	0.008		m <sup>2</sup>	



T (sec)	Livello da T.T. (m)	h m da p.c.	H m	Hmed m	DH/DT m/sec	K m/sec
0	0.000	0.300	3.800			
10	-0.770	-0.470	3.030	3.415	7.70E-02	1.34E-04
30	-1.680	-1.380	2.120	2.575	4.55E-02	1.05E-04
60	-2.220	-1.920	1.580	1.850	1.80E-02	5.78E-05
90	-2.430	-2.130	1.370	1.475	7.00E-03	2.82E-05
120	-2.610	-2.310	1.190	1.280	6.00E-03	2.79E-05
150	-2.730	-2.430	1.070	1.130	4.00E-03	2.10E-05
180	-2.830	-2.530	0.970	1.020	3.33E-03	1.94E-05
210	-2.920	-2.620	0.880	0.925	3.00E-03	1.93E-05
240	-2.980	-2.680	0.820	0.850	2.00E-03	1.40E-05
270	-3.030	-2.730	0.770	0.795	1.67E-03	1.25E-05
300	-3.070	-2.770	0.730	0.750	1.33E-03	1.06E-05



LITOLOGIA TRATTO IN PROVA: Ghiaia con sabbia limosa

NOTE:  $K = A(DH/DT) / CHm = 4.09E-05$  m/sec prova nell'insaturato, Hyp:  $H_{test} = -3.5m$  da p.c. (fondo foro)  
 $Hm = -(H1+H2)/2$   $DH/DT = (H1-H2)/(T2-T1)$

## CLASSIFICAZIONE FISICA DEL MATERIALE

### DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

L'analisi granulometrica è la determinazione della distribuzione di dimensione dei granuli. Per stabilire la distribuzione di dimensioni dei granuli la metodologia utilizzata è la setacciatura o vagliatura. Per l'analisi granulometrica si fa uso di appositi setacci e/o vagli disposti in serie con le aperture delle maglie dalla più larga alla più fine. Il provino sottoposto all'analisi granulometrica è disaggregato tramite essiccazione e vagliato ad aperture via via decrescenti. La prova può essere eseguita anche ad umido tramite sottrazione del peso iniziale secco e rimanenza dopo lavaggio al setaccio 0,075mm. La curva granulometrica deriva dalla percentuale in peso dei singoli passanti rapportata al peso totale del campione rappresentativo.



Setacci e vagli per analisi granulometrica

Nelle tabelle sottostanti sono riassunti i dati emersi dall'analisi granulometrica:

		S1 CG1 - Terreno rimaneggiato prelevato alla profondità da -3,00m a -4,00m										19CA13710
PROVA N°	RIFERIMENTO INTERNO	GRANULOMETRIA										DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
		FRAZIONE PASSANTE mm										
		63,0	40,0	31,5	16,0	8,0	4,0	2,0	0,5	0,250	0,063	
1	19CA13710	100,0	88,0	82,5	64,3	43,1	34,6	31,8	22,3	18,9	11,4	Ghiaia con sabbia e rari ciottoli
		S2 CG1 - Terreno rimaneggiato prelevato alla profondità da -4,00m a -5,00m										19CA13711
PROVA N°	RIFERIMENTO INTERNO	GRANULOMETRIA										DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
		FRAZIONE PASSANTE mm										
		63,0	40,0	31,5	16,0	8,0	4,0	2,0	0,5	0,250	0,063	
2	19CA13711	100,0	88,1	84,3	69,1	44,9	35,9	31,1	20,4	16,9	5,3	Ghiaia con sabbia e rari ciottoli
		S3 CG1 - Terreno rimaneggiato prelevato alla profondità da -5,00m a -6,00m										19CA13712
PROVA N°	RIFERIMENTO INTERNO	GRANULOMETRIA										DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
		FRAZIONE PASSANTE mm										
		63,0	40,0	31,5	16,0	8,0	4,0	2,0	0,5	0,250	0,063	
3	19CA13712	100,0	90,3	87,2	73,5	51,1	37,3	33,9	14,3	10,9	4,3	Ghiaia con sabbia e rari ciottoli
		S3 CG2 - Terreno rimaneggiato prelevato alla profondità da -10,30m a -11,30m										19CA13713
PROVA N°	RIFERIMENTO INTERNO	GRANULOMETRIA										DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
		FRAZIONE PASSANTE mm										
		63,0	40,0	31,5	16,0	8,0	4,0	2,0	0,500	0,250	0,063	
4	19CA13713	100	100	100	100	100	100	99,3	96,5	95,7	93,1	Limo argilloso debolmente sabbioso



### LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG

I limiti di Atterberg indicano il valore limite del contenuto d'acqua per il quale si registra una transizione dello stato fisico del terreno. Il limite plastico rappresenta il contenuto d'acqua in corrispondenza del quale il terreno inizia a perdere il suo comportamento plastico. Il campione, preparato precedentemente e mescolato con acqua, mediante una lieve compressione e rullatura con il palmo della mano si ottiene un bastoncino del diametro di 3 mm; in corrispondenza del limite di plasticità si formano delle fessure dovute al ritiro dello stesso, che causano la frammentazione del bastoncino in cilindretti più corti. Il Limite Liquido si determina mediante il cucchiaio di Casagrande. Posto il materiale sul cucchiaio, si effettua un solco al centro di esso, mediante un utensile solcatore standardizzato, in modo tale che il materiale venga diviso in due frazioni uguali. Si contano quindi i colpi necessari alle due parti di terreno per venire a contatto tra loro. Il contenuto d'acqua corrispondente alla chiusura del solco in 25 colpi, che è definito limite liquido (espresso in percentuale). L'indice di plasticità è la differenza tra il limite liquido e il limite plastico.



Cucchiaio di Casagrande per la determinazione del limite liquido

Nelle tabelle sottostante sono riassunti i dati emersi:

S3 CG2 - Terreno rimaneggiato prelevato alla profondità da -10,30m a -11,30m					19CA13713
PROVA N°	RIFERIMENTO INTERNO	LIMITE PLASTICO (%)	LIMITE LIQUIDO (%)	INDICE DI PLASTICITÀ (%)	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
4	19CA13713	28,4	19,0	9,4	Limo argilloso debolmente sabbioso

## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

### FINALITÀ E METODOLOGIA DI PROVA

La strumentazione consiste in una pressa tipo Tecnotest con cella di carico per la misura degli sforzi e misuratore di spostamento digitale per la misura delle deformazioni e una cella in perspex riempita di fluido (acqua) che trasmette una pressione isotropa al campione.

Il provino ricavato tramite cilindro fustellatore in acciaio a compressione manuale; le dimensioni sono quelle standard suggerite dalla normativa di riferimento ASTM D 2166-85: diametro 38,1 mm e altezza 76,2 mm.

Il provino, posto all'interno della cella triassiale, riceve una pressione isotropa che si realizza riempiendo d'acqua disareata la cella. La saturazione avviene invece introducendo acqua disareata in pressione (back pressure), mentre la consolidazione, attraverso appositi circuiti di drenaggio, si realizza aumentando la pressione in cella.



Macchina Triassiale

Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata (UiU)

CAMPIONE INDISTURBATO S1C1 -4,00; -4,50m						19CA13713
PROVINO	Velocità in fase di rottura [mm/min]	$W_N$ [%]	$\gamma_{nat}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	P in cella kPa	$\sigma_1 - \sigma_3$ MAX kPa	RESISTENZA AL TAGLIO NON DRENATA Cu (kPa)
1	1,0	20,84	1,819	200	81,9	42,6
2	1,0	19,20	1,814	250	86,6	
3	1,0	19,45	1,828	300	87,1	



## INDAGINE SISMICA

### AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{vR}$ , come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{vR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- $T^*C$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

### CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, ai sensi del § 3.2.2 delle NTC si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all’approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall’espressione:

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

Dove:  $h_i$  spessore (in metri) dell’i-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$

non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell’opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella

precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo estratta dal D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per la determinazione delle onde  $V_{s,30}$  sono state effettuate indagini speditive di sismica passiva a stazione singola, tecnologia innovativa rispetto al sismocono.

È stata effettuata una misura di microtremore sismico ambientale a stazione singola su terreno libero. Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Viene definito microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino  $10^{-15}$   $[m/s^2]^2$  in termini di accelerazione.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio nelle esplosioni della sismica attiva.

Per la determinazione delle onde  $V_{s,30}$  è stata effettuata n. 1 indagini sismica attiva come indicato nella planimetria.



### INDAGINE DI SISMICA ATTIVA (MASW)

Sono state eseguite più misure per determinare l'andamento delle onde sismiche di taglio in funzione della profondità attraverso il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW attiva.

Nel "metodo attivo" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori (geofoni) posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

La combinazione dell'indagine sismica con tecnica attiva e di quella a tecnica passiva (riportata nel paragrafo precedente) consente di ottenere uno spettro molto completo e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 35-40 m di profondità.

### STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione impiegata per la sismica passiva (Tromino) già descritta nel paragrafo precedente. Allo strumento si aggiunge di un sistema di ricezione (geofono) attivabile tramite trigger, ovvero un trasduttore di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali; completa il sistema una mazza del peso di 6 kg che costituisce il sistema di energizzazione prevalentemente di onde longitudinali P che rende la tecnica MASW un metodo di tipo attivo.



Esecuzione di indagine di sismica attiva (MASW)

### CONSIDERAZIONI PRELIMINARI SULL'INDAGINE SISMICA ATTIVA

Come riportato in planimetria è stato disposto N°1 stendimento lineare di lunghezza pari a 27 m con impiego di geofoni ed energizzazione del sistema ogni 3 m di distanza dal Tromino.

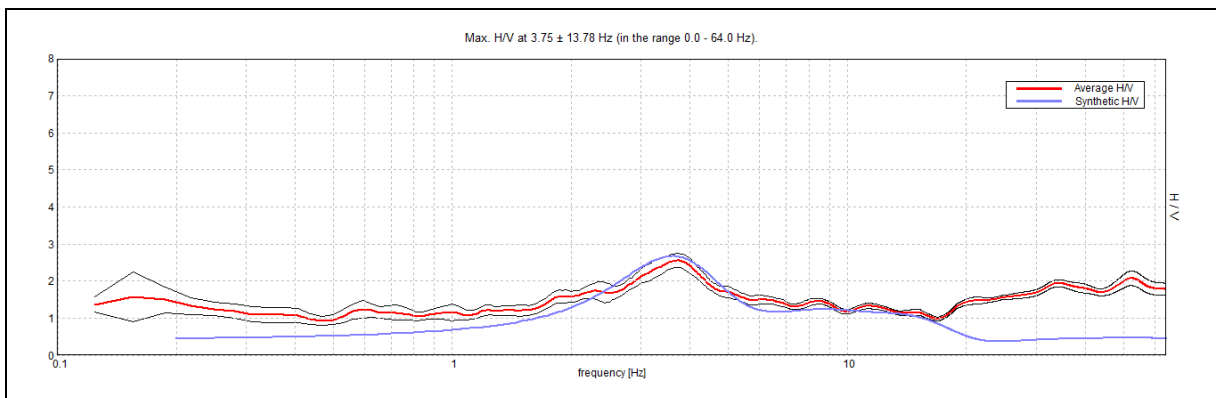
L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica; sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (curva di dispersione combinata).

L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

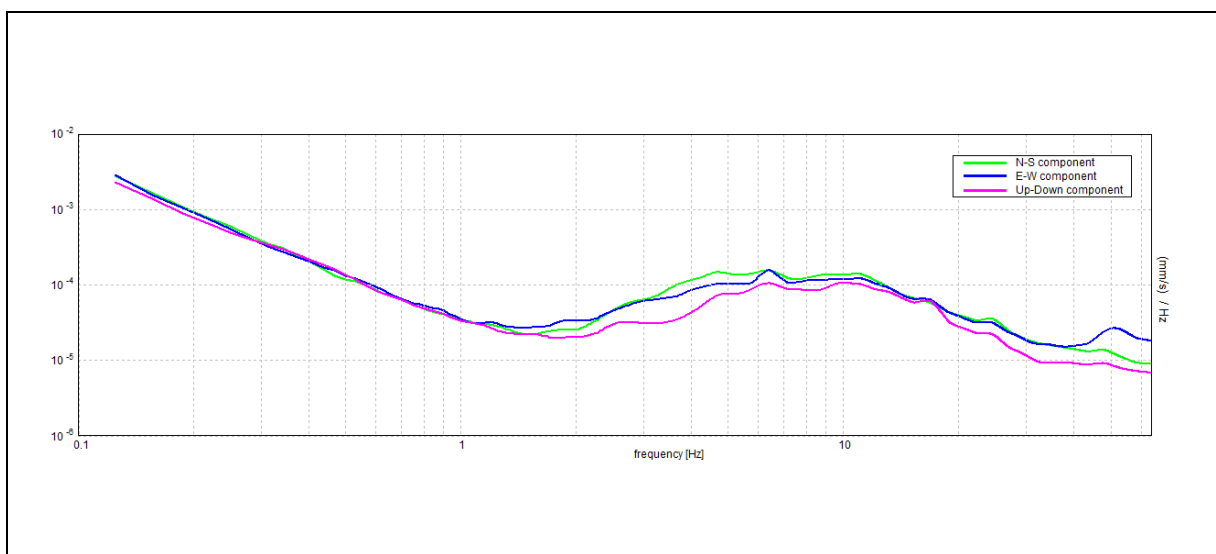
Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 27 m).

Di seguito vengono proposti i dati sismici relativi alle due misure sismiche attive realizzate nel sito di indagine.

### Indagine MASW e PASSIVA HVSr



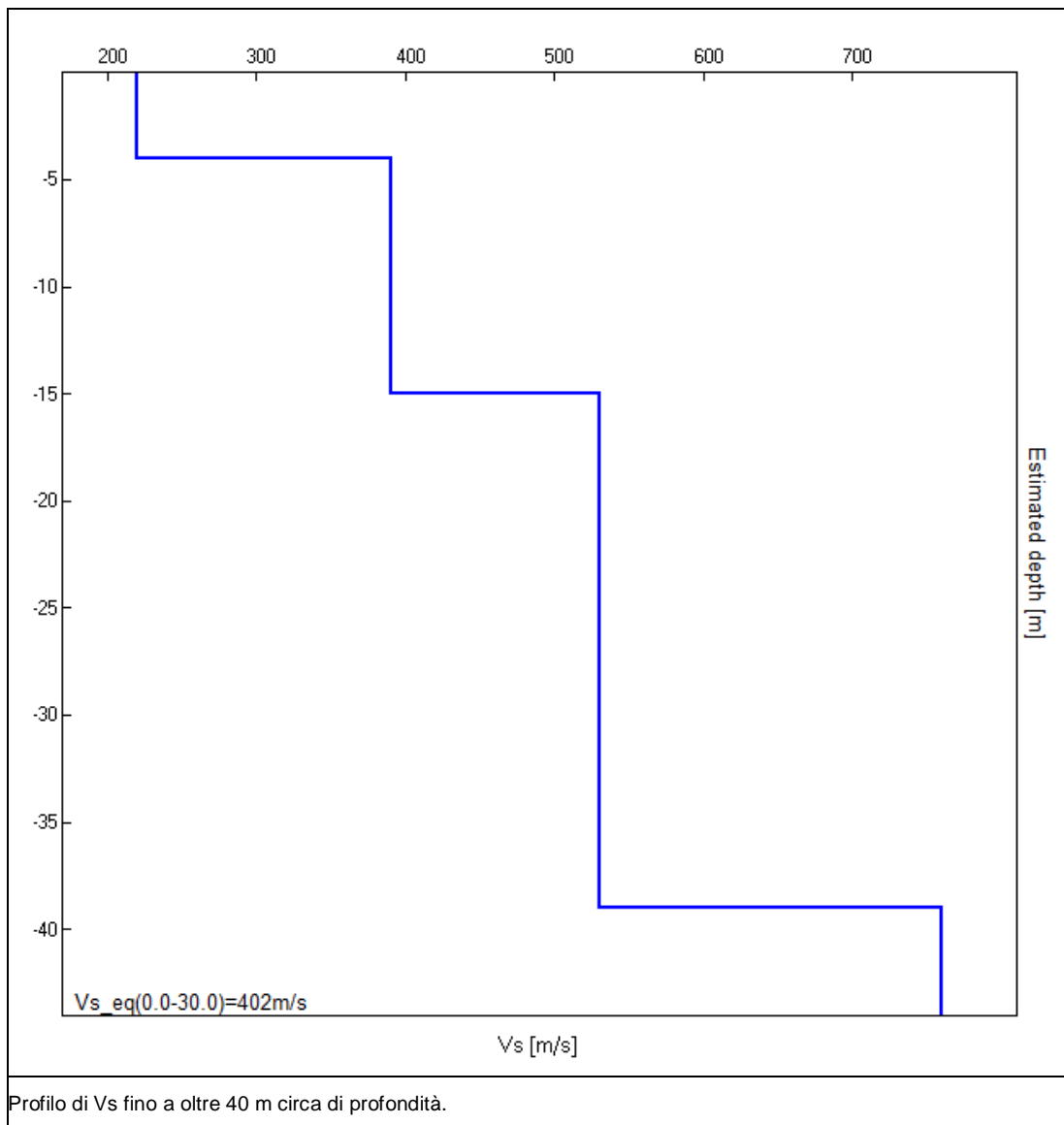
La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo.



SINGLE COMPONENT SPECTRA

Le indagini sismiche sopra descritte hanno permesso di stimare la velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ), calcolate per i primi 30 m di spessore del substrato. Di seguito si riportano le velocità registrate per i singoli strati omogenei.

Indagine sismica MASW congiunta all'H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	220	4	0 - 4
II SISMOSTRATO	390	11	4 - $\approx$ 15
III SISMOSTRATO	530	24	$\approx$ 15 - $\approx$ 39
IV SISMOSTRATO	760	Semisp.	$\approx$ 39 - Semisp.



Pertanto, in corrispondenza dell'indagine MASW, sulla base del modello derivato, si ottiene la stima del  $V_{s,30}$  in questi termini:

$$V_s (0,0-30,0) = 402,0 \text{ m/s}$$

Si precisa che, come per le altre tecniche di inversione di dati passivi, le assunzioni di fondo che risiedono nei modelli fanno sì che l'errore di stima del parametro  $V_s$  possa raggiungere, nelle condizioni peggiori, il 30%.



## RELAZIONE GEOTECNICA

### VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario, ai sensi del D.M. 14/07/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", la valutazione di procedere alla verifica della stabilità dell'opera in progetto nei confronti della liquefazione. Tale fenomeno viene definito come la trasformazione di un materiale granulare dallo stato solido allo stato liquefatto a causa dell'aumento della pressione dell'acqua interstiziale e della corrispondente diminuzione della tensione efficace (Marcuson, 1978). L'aumento della pressione neutrale è provocato dalla tendenza manifestata dai materiali granulari ad addensarsi a seguito di deformazioni di taglio ciclico. Questo fenomeno assume maggior risalto in terreni granulari di densità bassa e media, con basse caratteristiche di drenaggio (sabbie limose; sabbie e ghiaie limitate da strati di terreno poco permeabile). Non appena il fenomeno della liquefazione si manifesta, il terreno rammollisce, consentendo lo sviluppo di rilevanti deformazioni cicliche. Nei terreni sciolti il rammollimento è accompagnato da perdita di resistenza al taglio.

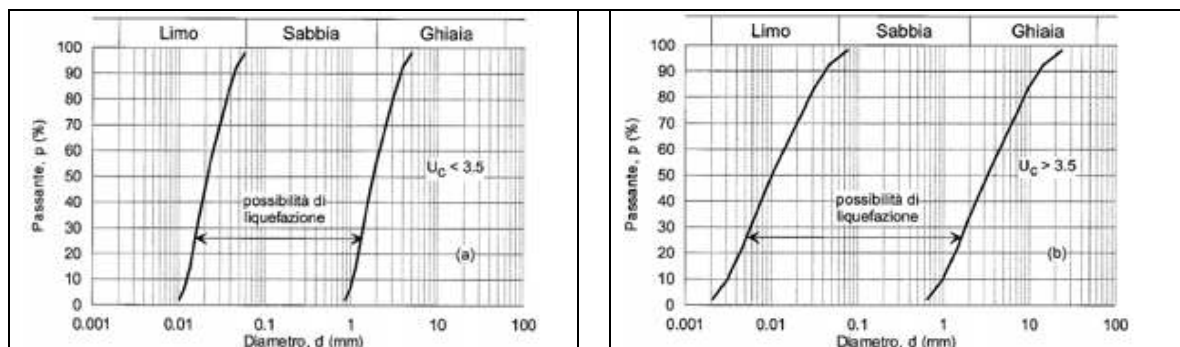
L'analisi di un problema di liquefazione consiste nella valutazione di:

- la suscettibilità a liquefazione di un particolare deposito;
- l'eventuale attivazione del fenomeno;
- gli effetti della liquefazione.

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

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g; ( $a_{g,max}$ );
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  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  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure sottostanti nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Esempi di distribuzione granulometrica in cui i materiali all'interno dei fusi sono potenzialmente liquefacibili.





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

Nel caso in esame la profondità media stagionale della falda è maggiore di 15 m dal piano campagna pertanto la verifica può essere omessa.

## MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI SINTESI PER LA PROGETTAZIONE

Le considerazioni dei paragrafi precedenti hanno permesso, in conformità del D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, di identificare un modello geologico del sito tramite la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici.

Si riportano pertanto nelle tabelle seguenti le principali unità stratigrafiche individuate nell'area in esame:

MODELLO GEOLOGICO							
STRATO	INTERPRETAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DEL DEPOSITO	PROFONDITÀ	SPESSORE STRATO	$\gamma_m$	$C_u$	$C'$	$\Phi'_m$
		[ m ]	[ cm ]	[ kg / cm <sup>3</sup> ]	[ daN / cm <sup>2</sup> ]	[ daN / cm <sup>2</sup> ]	[ ° ]
1	Depositi prevalentemente granulari di Ghiaie e sabbie con ciottoli a tratti leggermente limosi addensati.	0,00 – 30,00	3000	1800	---	---	38

Dove:

$\gamma_m$  = peso di volume (daN/m<sup>3</sup>)

$C'$  = coesione efficace (daN /cm<sup>2</sup>)

$C_u$  = coesione non drenata (daN /cm<sup>2</sup>)

$\Phi'_m$  = angolo di attrito (°)



## CONCLUSIONI

Le verifiche fatte, ricavate dalla ricerca e bibliografica; dal rilevamento dell'area e dalle prove in sito effettuate permettono di trarre le seguenti conclusioni:

1. Dal punto di vista **geomorfologico** l'area è in zona pianeggiante urbanizzata con una quota media di circa 130m.
2. La **stratigrafia** è stata osservata direttamente dai sondaggi a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 20,0m (S1 e S3) e 30,0m (S2) dal piano di inizio prove e in quanto appreso dalla bibliografia esistente. Da quota 0,00 fino alla profondità di 30,00m la stratigrafia risulta omogenea, ed è caratterizzata da ghiaie con sabbia e ciottoli, a tratti la matrice limosa, tendenzialmente molto debole, si fa più consistente. Nel sondaggio S3 a -10,30m per la profondità di un metro è presente uno strato di limo argilloso.
3. Dal punto di vista **idrogeologico** il sottosuolo del comune di Thiene risulta sede di un unico acquifero indifferenziato molto profondo. In superficie sono presenti a Ovest due corsi d'acqua il Torrente Leogra e il Torrente Timonchio, che a sud confluisce nel torrente Leogra. A Est invece ci sono altri due corsi d'acqua importanti il Torrente Igna, che anch'esso confluisce a sud nel Torrente Leogra e il Fiume Astico. Nel territorio sono presenti numerose rogge e corsi d'acqua secondari.
4. Dalla ricostruzione del quadro **geofisico** emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevede l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria di Sottosuolo denominata B** così definita: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti e alla **categoria topografica T1**.
5. In merito alla verifica della suscettibilità alla **liquefazione**, nel caso specifico, visto che la profondità media stagionale della falda è maggiore di 15 m dal piano campagna pertanto la verifica può essere omessa.
6. Si conferma una generale fattibilità delle opere previste con le seguenti **prescrizioni**:
  - si consiglia di prevedere adeguate opere ed accorgimenti per la salvaguardia delle acque di falda;
  - non effettuare alcun movimento terra senza prima avvertire la Direzione Lavori che valuterà se è necessaria anche la presenza del geologo;
  - contattare tempestivamente lo scrivente per gli opportuni accertamenti nel caso in cui venissero riscontrate delle evidenze stratigrafiche diverse da quelle ipotizzate in modo indiretto nella presente relazione.

Vicenza, 22 Marzo 2018

**Dott. Geol. Paolo Cornale**

Allegati: n. 3 certificati di prove geotecniche dal numero 18CA39450 al 18CA39452  
n. 4 elaborazioni delle prove penetrometriche dinamiche  
n. 3 certificati di analisi chimiche dal numero 18CA39450 al 18CA39452



**RELAZIONE CHIMICO AMBIENTALE  
PER AMPLIAMENTO  
CENTRO COMMERCIALE CARREFOUR  
VIA GALILEO GALILEI  
THIENE (VI)**

**Rif. 19CO03320**

COMMITTENTE:

**Milan Ingegneria S.r.l.**  
Via Thaon di Rever, 21  
20159 Milano

DATA

Vicenza 04 Aprile 2019





SOMMARIO:

PREMESSA.....	3
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI.....	4
SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO .....	5
Finalità e Metodologia di Prova .....	5
Restituzione dei Dati di Prova e Discussione dei Risultati .....	5
SCAVO GEOGNOSTICO .....	11
Finalità e Metodologia di Prova .....	11
Restituzione dei Dati di Prova e Discussione dei Risultati .....	11
CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE .....	29



## PREMESSA

Su incarico dello Spett.le studio Milan Ingegneria S.r.l. è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche per l'ampliamento del centro commerciale Carrefour sito in comune di Thiene (VI). L'ubicazione dei punti di indagine è stata concordata con la committenza. Il prelievo di campioni, eseguiti dai tecnici della CSG Palladio Srl su indicazione della Committenza, è finalizzato alla determinazione delle caratteristiche chimico-ambientali.

La descrizione delle analisi è elencata nella tabella seguente:

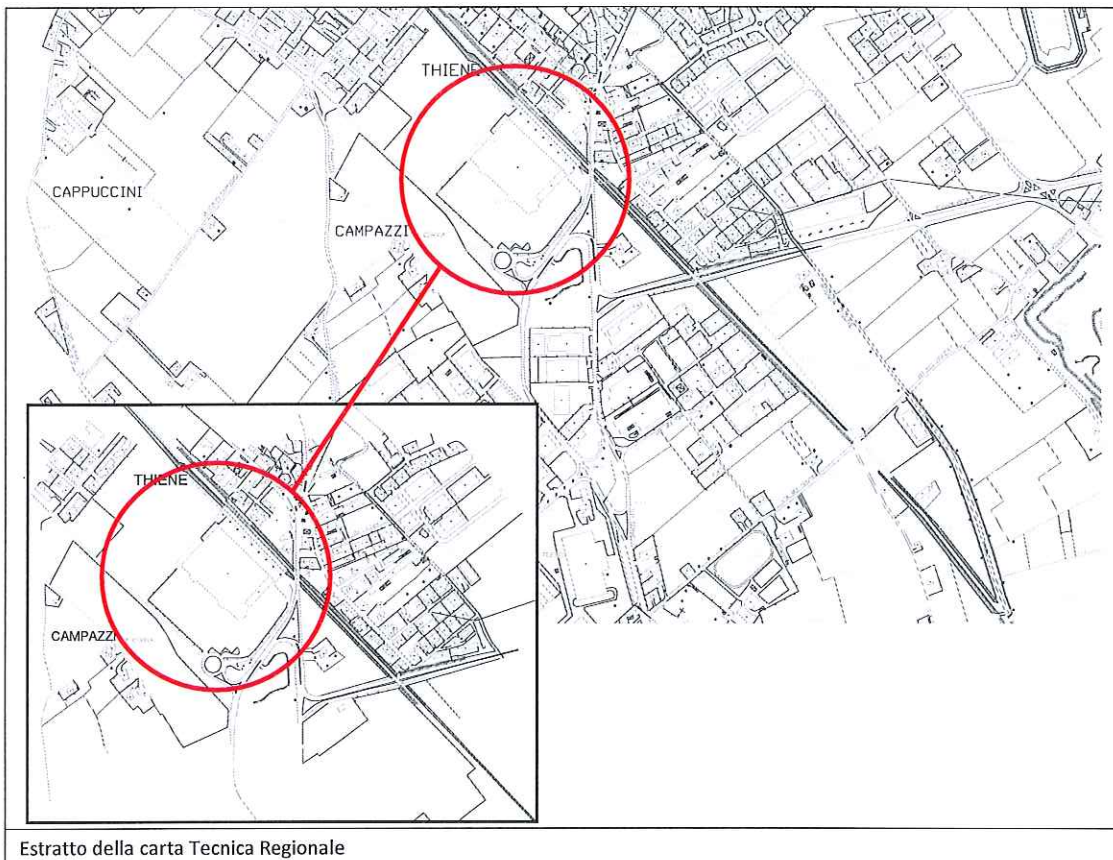
- Esecuzione di n. 1 **sondaggio a carotaggio continuo** che ha raggiunto la profondità di 30m con carotiere semplice da  $\varnothing$  101mm, compreso rivestimento da  $\varnothing$  127mm ove necessario, l'estrazione e la conservazione dei depositi in cassette catalogatrici;
- Esecuzione di n. 2 **sondaggio a carotaggio continuo** che hanno raggiunto la profondità di 20m con carotiere semplice da  $\varnothing$  101mm, compreso rivestimento da  $\varnothing$  127mm ove necessario, l'estrazione e la conservazione dei depositi in cassette catalogatrici;
- Esecuzione di n. 9 **scavi geognostici** che hanno raggiunto la profondità di 2m con mezzo meccanico.

Finalizzati alle **analisi di laboratorio** sono stati prelevati:

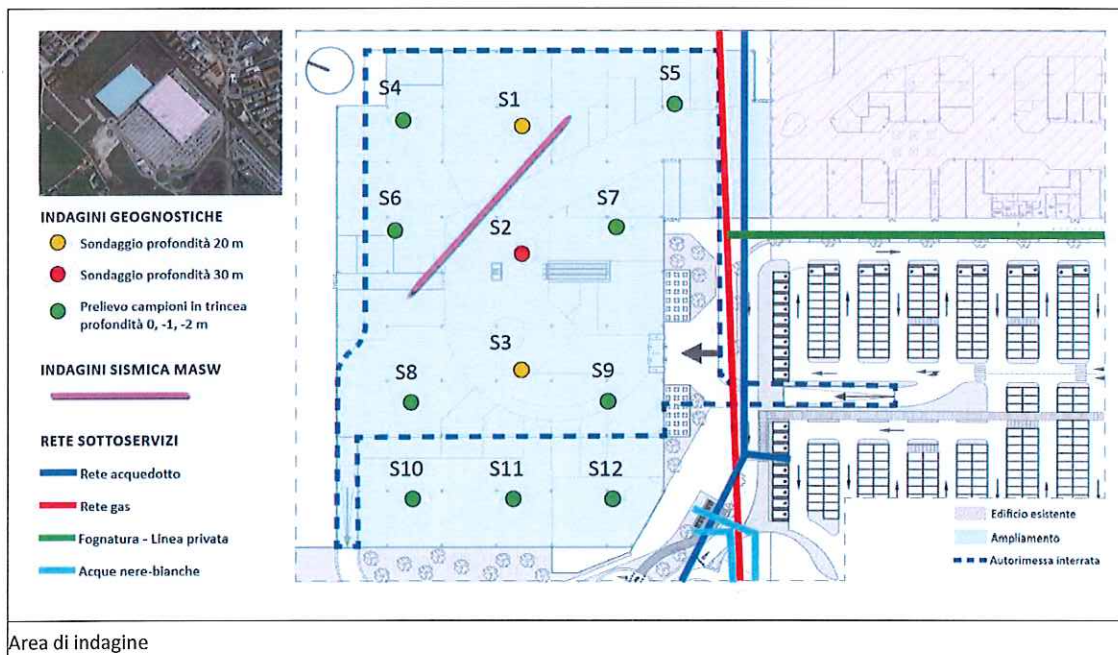
- o n. 36 campioni rimaneggiati, per analisi di laboratorio in conformità DPR 13/06/2017, n. 120 con determinazione di Scheletro, Residuo 105°C, Arsenico, Cadmio, Cobalto, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Mercurio, Idrocarburi C>12, Cromo totale, Cromo VI, Amianto, BTEX, IPA.

L'interpretazione dei risultati è sintetizzata nelle pagine seguenti, mentre i dati analitici sono contenuti nei rapporti di prova allegati.

## PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI



Estratto della carta Tecnica Regionale



Area di indagine



## SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

### FINALITÀ E METODOLOGIA DI PROVA

La perforazione a carotaggio continuo consiste nell'esecuzione di un foro per il prelievo in modo integrale di campioni rappresentativi del terreno attraversato. Per quanto sopra ci si serve di una unità di perforazione a rotazione installata su un autocarro cingolato munito essenzialmente da un impianto idraulico azionato da un motore diesel, da una testa di rotazione, da un argano di sollevamento, da una "torre" di perforazione e da un gruppo freno - svitatore (morsa idraulica). Gli attrezzi sono costituiti essenzialmente da aste di perforazione ( $L = 1.5 : 3.0$  m) e da tubi carotieri semplici e/o doppi a pareti sottili e grosse per il recupero del materiale da campionare. Il foro viene eseguito inserendo dei tubi di rivestimento provvisori con diametro  $\phi = 127$ mm e prelevando il campione all'interno con un carotiere di diametro  $\phi = 101$ mm.

### RESTITUZIONE DEI DATI DI PROVA E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Nello specifico, sono stati eseguiti n° 3 sondaggi verticali a carotaggio continuo con finalità sia geotecniche sia ambientali, di cui n° 1 spinti fino alla profondità di 30m, e n° 2 con spinti fino a una profondità di 20m. La percentuale di recupero delle carote risulta essere pressoché integrale e comunque maggiore del 95 %. I campioni riposti in apposite cassette catalogatrici sono stati documentati dalle foto inserite di seguito in relazione e una volta chiuse sono state riposte nei magazzini di stoccaggio campioni della CSG Palladio Srl.

Sondaggio S1 (amb)



Panoramica dell'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo S1 (amb)





Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S1 tra 0 e 5m di profondità.

Sondaggio S1 (amb)						
STRATO N°	PROFONDITA' [ m ]		PROVE IN FORO	PRELIEVI IN FORO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	
A	0,0	-	11,30	SPT 1; -3,00m Rifiuto a 12cm	S1 C1 -0,20m; -0,70m	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
				SPT2; -6,00m 31 - 37 - 42	S1 C2 -1,00m; -1,50m	
				SPT3; -9,00m Rifiuto a 10cm	S1 C3 -2,00m; -2,50m	

Sondaggio S2 (geo – amb)



Panoramica dell'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo S2 (geo - amb)



Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S2 tra 0 e 5m di profondità.



Sondaggio S2 (geo – amb)						
STRATO N°	PROFONDITA' [ m ]		PROVE IN FORO	PRELIEVI IN FORO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	
A	0,0	-	30,00	SPT 1; -3,00m Rifiuto a 12cm	S2 C1 -0,20m; -0,70m  S2 C2 -1,00m; -1,50m  S2 C3 -2,00m; -2,50m	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
				SPT2; -6,00m Rifiuto a 11cm		
				SPT3; -9,00m Rifiuto a 10cm		
				SPT 4; -12,00m 30 - 36 - 42		
				SPT5; -15,00m Rifiuto a 5cm		
				SPT6; -18,00m Rifiuto a 5cm		
				SPT6; -21,00m Rifiuto a 5cm		



Sondaggio S3 (amb)



Panoramica dell'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo S3 (amb)



Cassetta catalogatrice di campione prelevato nel sondaggio S3 tra 0 e 5m di profondità.

Sondaggio S3 (amb)						
STRATO N°	PROFONDITA' [ m ]		PROVE IN FORO	PRELIEVI IN FORO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	
A	0,0	-	10,30	SPT 1; -3,00m Rifiuto a 12cm	S3 C1 -0,20m; -0,70m	Sabbia con ghiaia a tratti ciottolosa. Locali passaggi più fini di sabbia limosa.
				SPT2; -6,00m 30 - 30 - 41	S3 C2 -1,00m; -1,50m	
				SPT3; -9,00m 22 - 28 - 39	S3 C3 -2,00m; -2,50m	